

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JHONATHAS XAVIER RODRIGUES**

**ANÁLISE DO PROJETO DE DRENAGEM NA AVENIDA  
UNIVERSITÁRIA – ANÁPOLIS/GOIÁS**

**ANÁPOLIS / GO**

**2015**

**JHONATHAS XAVIER RODRIGUES**

**ANÁLISE DO PROJETO DE DRENAGEM NA AVENIDA  
UNIVERSITÁRIA – ANÁPOLIS/GOIÁS**

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

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA  
TEODORO DA SILVA**

**ANÁPOLIS / GO: 2015**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

RODRIGUES, JHONATHAS XAVIER.

Análise do Projeto de Drenagem na Avenida Universitária – Anápolis/Goiás [Goiás] 2015

75P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Drenagem	2. Macrodrenagem
3. Microdrenagem	4. Inundação
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

RODRIGUES, J. X. Análise de Projeto de Drenagem na Avenida Universitária – Anápolis/Goiás. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 45p. 2015.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Jhonathas Xavier Rodrigues

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Análise de Projeto de Drenagem na Avenida Universitária – Anápolis/Goiás

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2015

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

**JHONATHAS XAVIER RODRIGUES**

**ANÁLISE DE PROJETO DE DRENAGEM NA AVENIDA  
UNIVERSITÁRIA - ANÁPOLIS/GOIAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
BACHAREL**

**APROVADO POR:**

---

**AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Esp. (UniEvangélica)  
(ORIENTADOR)**

---

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, (UniEvangélica)**

---

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, (UniEvangélica)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, SEIS de NOVEMBRO de 2015.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por possibilitar que este sonho se realizasse, fortalecendo-me nessa caminhada e possibilitando o alcance dessa conquista.

A minha família, minha mãe Sunamita por sempre estar ao meu lado, me incentivando a concluir essa etapa, meu pai João Batista, meu irmão Muryel e meus avós: Maria Isabel e José Xavier, primos e primas, tias e tios.

Aos meus amigos que estiveram comigo nessa caminhada, Tayssa, Daniella, Junior e Diego, com quem compartilhei grandes momentos.

À instituição, por possibilitar esse curso, ao corpo docente, por contribuir com importantes repasses de conteúdo, ao Professor Orientador, por direcionar-me ao objetivo proposto, aos colegas de sala, por nossas ajudas mútuas e a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para essa tão sonhada vitória.

*“Porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas; glória a ele eternamente. Amém!” Romanos 11:36*

## **RESUMO**

Devido ao contínuo desenvolvimento da cidade, houveram alterações nas características da superfície do solo, modificando prejudicialmente a forma de escoamento das águas das chuvas, com a implantação de vias, calçadas, casa e edifícios, tornando o solo cada vez mais impermeável, estando propício a concentração de água, e conseqüentemente causando transtornos à sociedade. Para minimizar situação é necessário implantar sistemas de Drenagem Urbana, onde o principal objetivo é conduzir as precipitações para outros lugares longe dos locais de produção o mais rápido possível, evitando o acúmulo de água em sua jusante. Desta forma este trabalho de Conclusão de Curso, analisa a atual situação que encontra-se a drenagem da Avenida Universitária, dando ênfase nos motivos que ocasionam as inundações neste local, estabelecendo medidas que controle deste problema, em que contribua para um bem estar da sociedade.

Palavras - chave: Drenagem, Macrodrenagem, Macrodrenagem, Inundação.

## **ABSTRACT**

Due to the continuous development of the city, there were changes in soil surface characteristics by modifying adversely the form of runoff rainwater, with the implementation of roads, sidewalks, house and buildings, become the ground increasingly waterproof and is conducive to concentration of water, and thus causing inconvenience to society. To minimize situation is necessary to implement urban drainage systems, where the main objective is to drive the precipitation to other places away from the fastest production sites as possible, avoiding the accumulation of water in its downstream. Thus this work Completion of course, analyzes the current situation that is draining the University Avenue, emphasizing the reasons that cause flooding at this location, establishing measures to control this problem, as it contributes to well-being of society.

Key - words: Drainage, Macrodrainage, Macrodrainage, flood.

## FIGURAS

Figura	1	–		Ciclo	18
Hidrologico.....					
Figura	2	–		Bacia	20
Hidrografica.....					
Figura	3	–		Chuvas	22
Convectivas.....					
Figura	4	–		Chuvas	22
Orográficas.....					
Figura	5	–		Chuvas	23
Frontais.....					
Figura 6 – Pluviômetro.....					24
Figura 7 – Pluviôgrafo.....					25
Figura	8	–	Infiltração e Escoamento de		26
Àgua.....					
Figura	9	–	Infiltrometro	de	28
Anel.....					
Figura	10	–		Inundações	31
Ribeirinhas.....					
Figura 11 – Sarjetas.....					35
Figura	12	–	Boca	de	35
Lobo.....					
Figura	13	–	Poço	de	35
Visita.....					
Figura	14	–	Tubos	de	36
Ligação.....					
Figura	15	–	Dicipador de água	de	37
concreto.....					
Figura	16	–	Dicipador de água	tipo	37
escada.....					
Figura	17	–	Ampliação	do	37
Rio.....					

Figura	18	–	Canalização	do	37
Rio.....					
Figura	19	–	Proteção	contra	Erosão 38
.....					
Figura	20	–	Valas	de	38
Infiltração.....					
Figura	21	–	Trincheiras	de	39
Infiltração.....					
Figura	22	–	Valas		39
Gramadas.....					
Figura	23	–	Avenida		42
Universitária.....					
Figura	24	–	Enxurradas	na	Avenida 43
Universitária.....					
Figura	25	–	Acumulos	de	Água na 43
Avenida.....					
Figura	26	–	Área	de	Contribuição 44
.....					
Figura	27	–	Drenagem		45
Existente.....					
Figura	28	–	Bocas	de	Lobo 46
Entupidas.....					
Figura	29	–	Bocas	de	Lobo 46
Danificadas.....					
Figura	30	–	Bocas	de	Lobo 47
Obstruídas.....					
Figura	31	–	Espaçamento	dos	Poços de Visita 47
.....					
Figura	32	–	Falta	de	Poço de 48
Visita.....					
Figura	33	–	Galeria	com	Duas 48
Saídas.....					
Figura	34	–	Velocidade	da	Galeria 49

01.....						
Figura	35	–	Velocidade	da	Galeria	49
02.....						
Figura	36	–	Velocidade	da	Galeria	50
03.....						
Figura	37	–	Velocidade	da	Galeria	50
04.....						
Figura	38	–	Área		sem	50
Drenagem.....						
Figura	39	–	Regularização	do	h/D,	Galeria 56
01.....						
Figura	40	–	Regularização	do	h/D,	Galeria 57
02.....						
Figura	41	–	Readequação		das	57
Galeria.....						
Figura	42	–	Ampliação		das	58
Redes.....						
Figura	43	–	Galeria	Atual	x	Alterações 60
Realizadas.....						

## QUADROS

Quadro	1	–	Permeabilidade	do	29
solo.....					
Quadro	2	–	Galeria	Atual	x
.....					
			Alterações	Realizadas	64

## **SIGLAS**

ACCA: Acidentes, Desastres, Riscos, Ciência e Tecnologia

ANA: Agência Nacional de Águas

BL: Bocas de Lobo

CETESB: Companhia de Tecnológica de Saneamento Ambiental

DAEE: Departamento de Águas e Energia Elétrica

DEE: Departamento de Engenharia Elétrica

DER-GO: Departamento de Estradas e Rodovias de Goiás

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

NeCESA: Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

PV: Poço de Visita

PVs: Poços de Visitas

SMDU: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano

## SÍMBOLOS

- : Menos

% : Porcentagem

\* : Multiplicar

/ : Dividir

+ : Mais

= : Igual

XIX: Dezenove

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1.....	15
APRESENTAÇÃO.....	
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
<b>1.3.1 Objetivo</b> .....	<b>16</b>
<b>Geral</b> .....	
<b>1.3.2 Objetivo Específico</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>BIBLIOGRÁFICA</b> .....	
2.1 HIDROLOGIA.....	17
2.2 CICLO HIDROLÓGICO.....	17
2.3 BACIA	19
HIDROGRÁFICA.....	
2.4 PRECIPITAÇÃO.....	21
<b>2.4.1 Formação das</b> .....	<b>22</b>
<b>Precipitações</b> .....	
<b>2.4.2 Medição das</b> .....	<b>23</b>
<b>Precipitações</b> .....	
2.4.2.1 Pluviômetro.....	24
2.4.2.2 Pluviógrafo.....	25

2.5 INFILTRAÇÃO.....	26
<b>2.5.1 Capacidade de Infiltração.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.2 Infiltração no Solo.....</b>	<b>28</b>
2.5.2.1 Infiltrômetro de Anel.....	28
<b>2.5.3 Equação Representativa.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.4 Características dos Solos.....</b>	<b>30</b>
2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	30
2.7 INUNDAÇÕES URBANAS.....	31
<b>2.7.1 Inundações Ribeirinhas.....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.2 Inundações devido à Urbanização.....</b>	<b>33</b>
2.8 DRENAGEM URBANA.....	34
<b>2.8.1 Microdrenagem.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8.2 Macrodrenagem.....</b>	<b>38</b>
<b>2.8.3 Controle de Fonte.....</b>	<b>40</b>
2.9 PROBLEMÁTICA NA DRENAGEM URBANA.....	41
<b>3 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>43</b>
3.1 APRESENTAÇÃO DA AVENIDA UNIVERSITÁRIA.....	43
3.2 EXPOSIÇÃO DO FATO.....	44
3.3 JUSTIFICATIVA DOS ACONTECIMENTOS.....	46
3.4 DRENAGEM DA AVENIDA UNIVERSITÁRIA.....	47
3.5 EXPOSIÇÃO DAS.....	48

PATOLOGIAS.....			
<b>4</b>	<b>PROJETO</b>	<b>DE</b>	<b>MELHORIAS DO</b> 54
	<b>SISTEMA.....</b>		
4.1	MANUTENÇÃO.....		54
4.2	READEQUAÇÃO.....		55
<b>4.2.1</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>de</b>	<b>55</b>
	<b>Projeto.....</b>		
<b>4.2.2</b>	<b>Alteração</b>	<b>nas</b>	<b>57</b>
	<b>Galerias.....</b>		
4.3	AMPLIAÇÃO	DAS	61
	GALERIAS.....		
<b>5</b>	<b>ANÁLISE</b>	<b>DOS</b>	<b>63</b>
	<b>RESULTADOS.....</b>		
<b>6</b>		<b>CONSIDERAÇÕES</b>	<b>65</b>
	<b>FINAIS.....</b>		
	<b>REFERÊNCIA.....</b>		<b>66</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>		<b>70</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO

A falta de planejamento das cidades com ocupação desordenada do uso do solo, principalmente em regiões ribeirinhas, acarretaram prejuízos e constrangimentos causados pelas dificuldades de esgotamento das águas pluviais.

Em razão da urbanização ter avanços grandiosos, provocaram reduções significativas no processo de infiltração das águas no solo, devido à impermeabilização de vias, praças e terrenos em geral, causando aumento dos volumes e na velocidade de escoamento sobre a superfície (FUNASA, 2004). Diante disso, alternativas que venham solucionar esse problema serão de grande benefício para toda população local, evitando ruas e calçadas alagadas, riscos de afogamentos e danificações nas edificações, afetando diretamente na qualidade de vida dos cidadãos.

Com alteração das características naturais de escoamento e infiltração das águas das chuvas, ocasionaram mudanças no percurso das enxurradas, onde passaram a ser delimitadas pelos traçados das ruas (CARDOSO, 2004), havendo a necessidade da existência dos sistemas de drenagens eficientes que comportem a quantidade de água demandada. Mas como as cidades estão sempre em crescimento, é notória a percepção de que sejam realizadas atualizações, sendo executadas medidas emergenciais ou preventivas.

Segundo FEAM (2006) drenagem deve ser entendida como conjunto de infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais, minimizando os riscos que estão expostos aos moradores, possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica.

Desse modo, na cidade de Anápolis não foi diferente, desenvolveu-se nas margens de vários córregos, sendo privilegiado em abundância de água. Mas por consequência da sua expansão trouxe consigo grandes áreas impermeabilizadas, passando a ocorrer pontos de alagamento.

Um desses pontos críticos que acontecem frequentemente quando chove é a situação da Avenida Universitária, o qual será abordado neste estudo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Em vista da intensidade das chuvas em Anápolis, com a crescente impermeabilização ocasionaram sobrecargas nos sistemas de drenagens, provocando fortes enxurradas e alagamentos, ocorrendo principalmente na Avenida Universitária, que é uma das principais avenidas da cidade.

Devido à constância desses acontecimentos, será de grande importância para a população que utiliza a Avenida aprimorar maneiras que venham solucionar ou minimizar o problema, evitando aborrecimentos e acidentes amargados em dias chuvosos.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo, estudar os principais motivos que causam inundações na Avenida Universitária, assim como analisar alternativas que venham prevenir a formação destes problemas, de modo que a população não passe por transtornos persistentes, sempre decorrentes das precipitações acentuadas.

### 1.3.2 Objetivo Específico

- a) Analisar o sistema de drenagem encontrado na região da Av. Universitária;
- b) Identificar deficiências nos sistemas;
- d) Elaborar alternativas que possa reduzir os danos causados pelas chuvas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HIDROLOGIA

Hidrologia é a ciência que está relacionada com a água na Terra, suas ocorrências, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas (CHOW, 1956).

A hidrologia está voltada para os diferentes problemas que envolvem a utilização dos recursos hídricos, preservação do meio ambiente e ocupação da bacia, envolvidos os aspectos de disponibilidade hídrica, regularização da vazão, planejamento, operação e gerenciamento dos recursos hídricos (TUCCI, 2012).

Segundo Pinto (2011), a importância da Hidrologia é facilmente compreensível quando se considera o papel da água na vida humana, algo indispensável. Os fenômenos hídricos mais comuns e conhecidos são as chuvas e o escoamento dos rios, devido à regularidade da sua ocorrência, mas alguns acontecimentos catastróficos resultam em grandes cheias e estiagens, sendo que já estão preestabelecidos pela natureza, pois o homem não programou.

Com isso, evidencia-se o incongruente domínio do homem sobre as leis naturais que regem os fenômenos, criando uma necessidade de aprofundar os conhecimentos hídricos em alternativas que venham melhorar o aproveitamento dos recursos terrestres e aquáticos, compatibilizando com a crescente na população, procurando adaptar e conviver devido alterações no comportamento do meio ambiente.

### 2.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (Figura 1), (SILVEIRA, 2012).

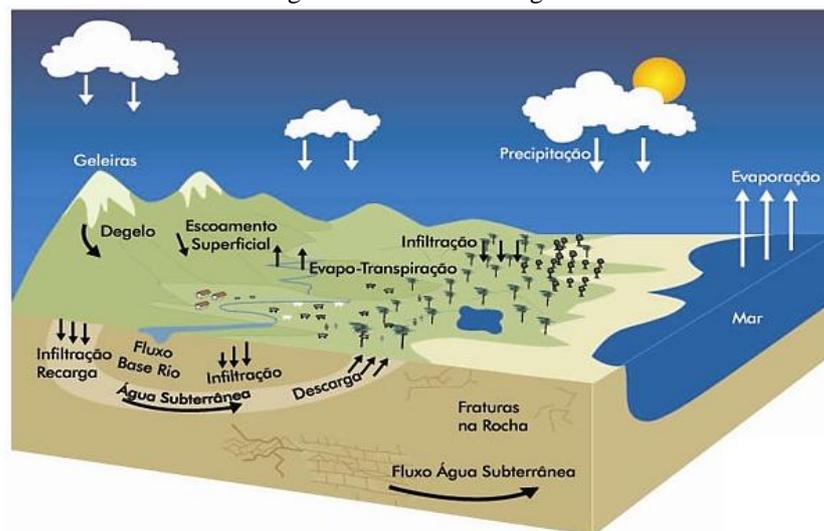
Diante disso, o movimento permanente está relacionado com a circulação de água nos seus diferentes estados físicos, e porventura ocorrem em toda a Terra, envolvendo lagos, rios, mares, águas subterrâneas, calotas polares, umidade de ar, tudo aquilo que é correspondente à

hidrosfera. Acontecendo tanto no interior e na superfície dos solos, rochas, oceanos e seres vivos, quanto na atmosfera.

Este ciclo ocorre através do fornecimento de energia pelo Sol, sendo suficiente para elevar as moléculas de água da superfície terrestre para a atmosfera, caracterizando o fenômeno de evaporação, tornando presente no ar o vapor de água onde elas ficam suspensas devido à ação das turbulências naturais (RUSSO, 2013).

Na atmosfera, as moléculas de água começam a se aglutinar formando gotículas e porventura as nuvens, de modo que quando estiverem carregadas, utilizando da gravidade, provoquem precipitações em forma de chuvas, granizo, orvalho e neve, dependendo das condições do tempo no local do ato, podendo cair no mar ou em terra firme, seguindo caminhos distintos (ANA, 2014).

Figura 1 – Ciclo Hidrológico.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2015

O Ciclo Hidrológico pode ser descrito em:

A Evaporação é um fenômeno que acontece permanentemente em todo o planeta devido às condições climáticas, sendo propícia em temperaturas elevadas com a ocorrência de ventos, além da umidade relativa e a pressão atmosférica estando favorável, havendo a necessidade da existência de água para que ocorra este procedimento. Segundo Silveira (2012), a trajetória da água em direção à superfície terrestre já sofre evaporação e em alguns casos acontece de modo significativo, fazendo com que a interceptação das chuvas retidas pela vegetação, decorrente das folhas e caules de onde evaporam, e outra parte que não foi interrompida caia sobre o solo, perfazendo a infiltração.

A evapotranspiração é definida como sendo a transferência de água para a atmosfera, utilizando da evaporação da água do solo simultaneamente com transpiração das plantas, evaporando igualmente sem distinção de cada fornecedor, dependendo somente da radiação solar e dos ventos. A transpiração vegetal ocorre através da dispersão de água em forma de vapor, sendo um processo do seu próprio metabolismo, (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

O fenômeno da precipitação acontece com a aglutinação das moléculas de água evaporadas, que se concentram e formam as nuvens, adquirindo tamanho e peso. Devido à atuação da gravidade, elas se tornam pesadas demais para sustentar-se na atmosfera, até que começam a cair, formando diferentes tipos de precipitações (ANA, 2014).

Infiltração e percolação são o processo de penetração de água no solo, consistindo na passagem de um líquido pelos solos ou rochas, utilizando da sua capacidade de absorção decorrente dos poros e fissuras existentes na sua superfície até o momento de sua saturação, podendo formar aquíferos, ressurgindo na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos ou alimentar rios e lagos (RUSSO, 2013).

Já o escoamento superficial pode ser definido quando as precipitações forem maiores do que a capacidade de absorção do solo, ocasionando o encharcamento da superfície, fazendo-as escoar sobre ela. Este ato, inicialmente, consiste no preenchimento das depressões do terreno ocupando os vazios, para então iniciar o escoamento propriamente dito, procurando o caminho naturalmente definido, impulsionado pela gravidade que se concentra nos vales principais, formando os cursos dos rios para finalmente dirigir-se aos grandes volumes de água, constituídos pelos mares, lagos e oceanos (PINTO, 2011).

### 2.3 BACIA HIDROGRÁFICA

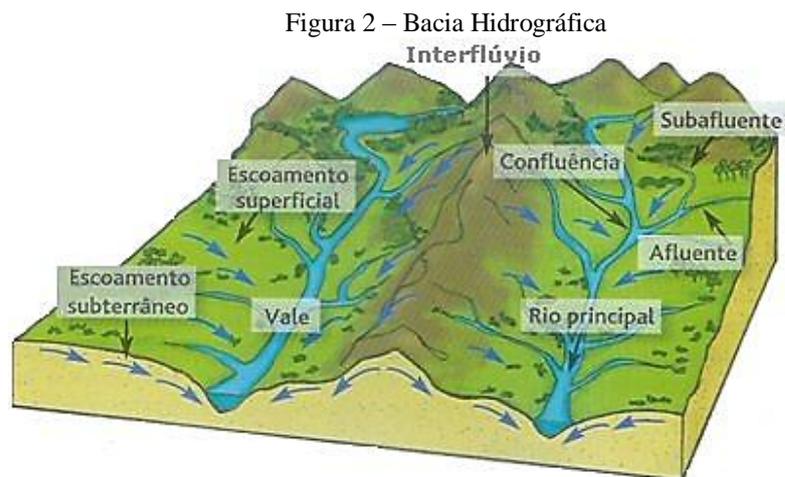
O Ciclo Hidrológico é o correspondente responsável por envolver todos os sistemas hídricos na Terra, evidenciando sua grandeza de atuação acontecendo diretamente em diversos campos distintos (RUSSO, 2013). Para que ocorra a sua impecável realização, estes campos demonstram a grande importância de agirem como componentes, fazendo parte da sua formação. Desse modo, procede nas Bacias Hidrográficas, colaborando em prol da execução do ciclo.

As Bacias Hidrográficas são regiões que apresentam variações nos níveis da camada superficial, caracterizado por conter montanhas, planaltos, planícies e depressões, havendo

um relevo propício para o escoamento, por onde a água passa descendo das partes mais altas para as mais baixas (VILLELA; MATTOS, 1975). Este sistema é uma forma natural de escoamento da água da chuva, que utiliza dos canais interconectados para escoar a água demandada, recebendo o auxílio da gravidade.

Isso ocorre devido às precipitações que caem sobre o solo, pois infiltram na camada terrestre preenchendo todos os vazios até chegar no momento da sua saturação. Com a continuidade das chuvas e não havendo como a água perolar, começa o processo de escoamento na superfície gerando um acúmulo crescente, começando em filetes de água convergindo em grandes aglomerados, concentrados nos fundos dos vales, ocasionado na formação de rios e lagos (MARTINS, 2011).

Portanto, a Bacia Hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (PINTO, 2011). Exemplificado na figura abaixo:



Fonte: Universidade do Algarve, 2009.

Sua característica é destacada principalmente pelo seu relevo que forma literalmente uma bacia, favorecendo a drenagem; com isso é possível observar as seguintes definições (MARTINS; SEBIN; WILIK; BERTAZI, 2009):

a) O Interflúvio é descrito como sendo todas as regiões mais elevadas de uma Bacia Hidrográfica, representado funcionalmente por uma forma de espigão dos telhados convencionais, atuando peculiarmente nas divisores de água entre uma bacia e outra.

b) As Vertentes são consideradas a parte mais importante de uma bacia, pois a sua superfície possui algum tipo de inclinação localizada entre o interflúvio e as regiões baixas no

fundo dos vales, atuando como uma conexão entre eles, facilitando assim o escoamento das águas.

c) O Leito Fluvial é o espaço ocupado pelas águas no fundo dos vales, denominado como sendo um canal de escoamento de um rio, começando desde sua nascente até a sua foz, podendo distinguir-se em: Leito vazante, onde o rio escoar em épocas secas em menor quantidade; Leito menor, é o rio propriamente dito sem nenhuma alteração; Leito maior, onde aumenta os seus volumes decorrentes das cheias e inundações.

d) A Rede Hidrográfica designa o conjunto de cursos da água composta de canais conectados entre si, organizados hierarquicamente, sendo capazes de drenar a água depositada na superfície gerada pelas chuvas, podendo ser artificiais, constituídas nas cidades pelo homem, ou naturais, composta pelos rios e lagos, também conhecida como rede de drenagem.

## 2.4 PRECIPITAÇÃO

A precipitação é entendida em hidrologia como sendo toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, podendo ser determinada em diferentes formas como chuvas, orvalho, neblina, neve ou geada (HOLTZ, 2011). Sua formação está inteiramente ligada com o Ciclo Hidrológico, utilizando da energia solar para evaporação das partículas de água, transformada em nuvens e devido ao seu peso precipita-se em diversas formas, dependendo das condições climáticas do ocorrido.

As precipitações realizam-se em formas distintas em toda a atmosfera, não havendo uma previsão com antecedência da sua quantidade, do tempo que levará para precipitar, nem o local exato em que irá ocorrer. O que ocorre é um estudo estatístico que analisará dados coletados anteriormente no decorrer dos anos, para prevenir futuros acontecimentos, não havendo uma certeza dos resultados.

Estes estudos são importantes para evitar futuros problemas decorrente das precipitações, atuando de modo preventivo, qualificando as necessidades humanas de abastecimento de água, irrigação nas plantações, sendo essencial no controle de inundações e erosões do solo.

### 2.4.1 Formação das Precipitações

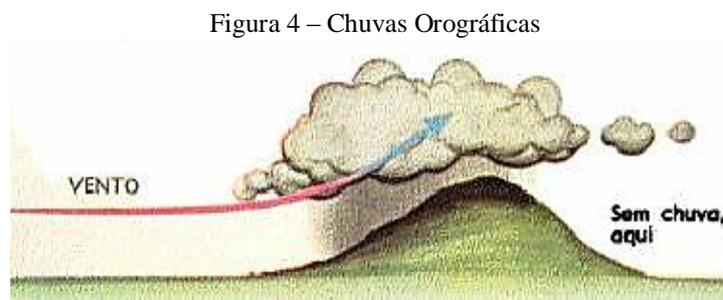
Para ocasionar uma precipitação, é necessário que as gotículas de água evaporadas se aglomerem e cresçam a partir de um núcleo, constituído de partículas de gelo ou poeira, até atingirem o peso suficiente para vencerem a gravidade e caírem, caracterizada pela ascensão de massa de ar para atmosfera, podendo ser classificadas em (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007):

a) Convectivas (Figura 3), acontecem normalmente em regiões com temperaturas elevadas em dias de excessivo calor. Devido à ocorrência dessas condições provoca uma evaporação intensa para a atmosfera, facilitando a formação das nuvens e saturando com maior rapidez, ocasionando em chuvas violentas, acompanhado de trovoadas e relâmpagos.



Fonte: ROBERTO, 2013

b) Orográficas (Figura 4), ocorre quando a massa de ar carregada com as partículas de água provém dos oceanos para os continentes, encontrando uma cadeia de montanhosa, formando uma espécie de barreira, empurrando a massa de ar para cima, formando as nuvens e conseqüentemente as chuvas.



Fonte: CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007

c) Frontais (Figura 5), acontece no encontro de duas massas distintas de ar, uma quente e outra fria. Neste encontro, elas são pressionadas a subirem para a atmosfera, e

conforme a ocorrência desta suba, o ar se resfria formando as nuvens até chegar a produzir a chuva.

Figura 5 – Chuvas Frontais



Fonte: EBERLE; HELENA; COUTINHO, 2009

#### 2.4.2 Medição das Precipitações

Diariamente somos informados sobre a previsão do tempo, nos mais diversos meios de comunicação. Uma série de variáveis é responsável pela determinação de uma boa parte da previsão do tempo, dentre elas podemos destacar a pressão atmosférica, a temperatura, a umidade e a precipitação, que é determinada por um período de tempo, sendo de valia para a população, no que diz respeito à prevenção de tragédias relacionadas a deslizamentos e enchentes (FREITAS, 2015).

Conforme Bertoni e Tucci (2011), as medições das precipitações são expressas pela sua quantidade de água caída e acumulada sobre uma superfície plana impermeável, que não evapora e nem escoar para fora dos limites da região, determinada pela altura da lamina d'água medida nos pluviômetros e registrada nos pluviógrafos.

Devido estes aparelhos informarem a quantidade precipitada por um determinado tempo, será assim possível identificar o volume de água que precipitou em uma determinada área, sendo obtida através do índice pluviométrico, definida como (MARINHO, 2004):

$$i = \frac{P}{t} \quad (1)$$

Onde:

- i: precipitação por unidade de tempo;
- h: espessura da lâmina de água precipitada em milímetros;
- t: o tempo, normalmente em horas ou minutos.

Com este índice coletado, as chuvas podem ser classificadas e definidas, segundo REBOB (2014), em quatro grupos:

- a) Chuva fraca, quando a taxa é inferior a 5 mm/h;
- b) Chuva moderada, quando a taxa está entre 5 e 25 mm/h;
- c) Chuva forte, quando a taxa estiver entre 25 e 50 mm/h;
- d) Chuva muito forte, quando estiver igual ou superior a 50 mm/h.

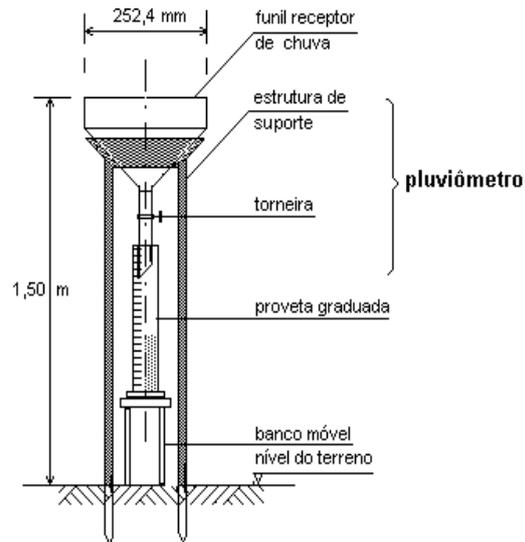
A coleta de dados é importante para permitir relação com outros períodos, utilizando de registros anteriores para estabelecer se está fora ou dentro da média histórica do lugar, comparando a quantidade de chuvas por dia, por mês ou por ano.

#### 2.4.2.1 Pluviômetro

O Pluviômetro é um instrumento meteorológico destinado a determinar o volume de precipitação que ocorreu em uma certa região, sendo obtida através dos líquidos ou sólidos como chuvas, granizo ou neve acumulados dentro da proveta sendo quantificadas em milímetros (Figura 6).

Este aparelho existe pela necessidade de estabelecer a quantidade de tempo que irão ser submetidas as precipitações, por não haver sistema próprio de cálculo. O pluviômetro é o mais utilizado devido a sua simplicidade de instalação e operação.

Figura 6 – Pluviômetro



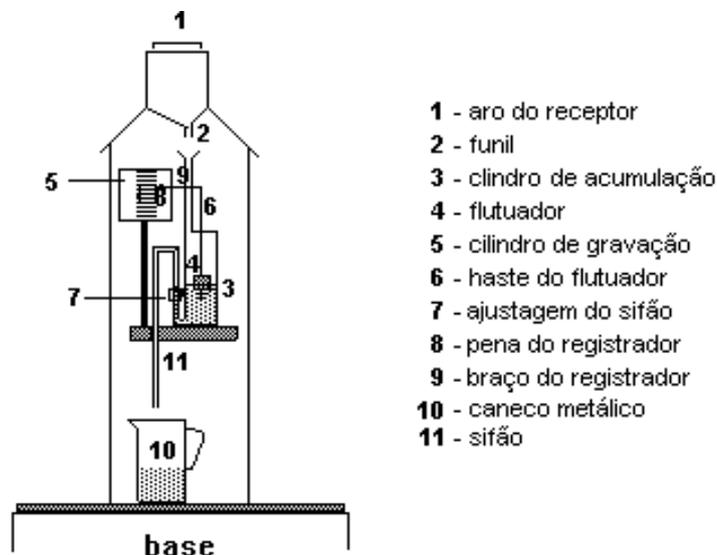
Fonte: MundoGeo, 2010

O aparelho é composto por um funil receptor normalmente contendo vinte centímetros de diâmetro, responsável pela captação das precipitações, para depositá-las na proveta de cinquenta centímetros de comprimento, colocados a um metro e meio do solo.

#### 2.4.2.2 Pluviógrafo

O Pluviógrafo é o instrumento que contém as mesmas características do Pluviômetro, mas de forma automática, com capacidade de registrar a data e hora (Figura 7). Este aparelho é mais encontrado nas estações meteorológicas que registram a intensidade das precipitações, com a variação da lâmina da água com o tempo, registrando simultaneamente.

Figura 7 - Pluviógrafo



Fonte: FERNANDES, 2009

Nota-se que o aparelho é constituído por um funil receptor normalmente de vinte e cinco centímetros, onde a água captada aciona uma mola que transmite o movimento a um ponteiro, cujo registro é registrado em um cilindro giratório correspondente a um sistema de relógio.

Um dos fatores que levam à desvantagem desse equipamento é a realização de manutenção periódica, com a regularização horizontal, a limpeza interna do funil, e a necessidade de calibração a cada ano, que deve ser realizada pelo INMETRO.

## 2.5 INFILTRAÇÃO

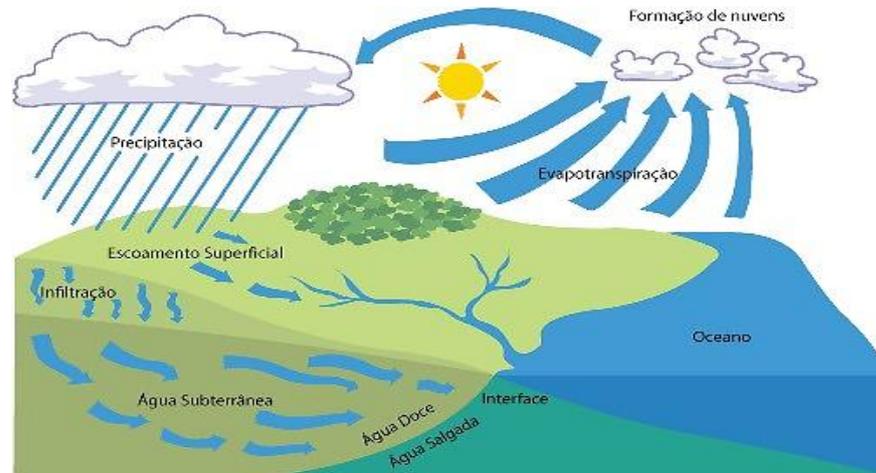
Segundo a descrição de Martins (2011), a infiltração corresponde a uma das etapas do ciclo hidrológico caracterizada pelo fenômeno de penetração de água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movendo-se de cima para baixo através de vazios e sob a ação da gravidade, até atingir uma camada-suporte que a retém, formando então o lençol freático (Figura 8). Com este estudo definiu-se que a infiltração pode-se dividir em três etapas:

a) A fase de intercâmbio é quando ocorre a evapotranspiração responsável por retornar a água precipitada, agindo nas camadas próximas da superfície do terreno, evaporando tanto as águas contidas no solo quanto as absorvidas pelas raízes das plantas, e sendo transpirada pelos vegetais.

b) A fase de decida, é provocada devido ao seu peso próprio com ação da gravidade onde supera o adensamento das capilaridades do solo, percolando de forma verticalmente até atingir os lençóis.

c) A fase de circulação, compreende a movimentação do acúmulo de água contida nos lençóis subterrâneos, na qual sofre a influência da gravidade e da tipologia topográfica do solo.

Figura 8 – Infiltração e Escoamento da Água



Fonte: GIANANTI

Este sistema é responsável por dar continuidade ao ciclo hidrológico, influenciando diretamente no escoamento superficial e subterrâneo das águas, devido às precipitações infiltrarem no solo, abastecendo os lençóis freáticos, e dependendo do volume podem levar à saturação, provocando então o acúmulo de água na superfície.

### 2.5.1 Capacidade de Infiltração

A capacidade de infiltração é a razão máxima que um solo tende a absolver água pela sua superfície, existindo somente quando há disponibilidade de água para penetração, (SILVEIRA; LOUZADA; BELTRAME, 2012).

A capacidade do solo de infiltração só pode ser atingida em situações quando houver excesso de precipitações, caso contrário as taxas de infiltrações da água no solo não são máximas, igualando à capacidade de infiltração, mas provocando uma progressiva diminuição da própria capacidade da água se infiltrar, devido ao solo estar umedecendo (VILLELA; MATTOS, 1975).

Em solos que contiveram um excesso de precipitação e conseqüentemente se tornaram saturados devido à grande quantidade de água alocada, para que o processo de infiltração se torne possível novamente é necessário que a propagação da água para regiões mais profundas e outra parte se evacue em forma de evapotranspiração, fazendo assim a recuperação da capacidade de percolação do solo.

### 2.5.2 Infiltração no solo

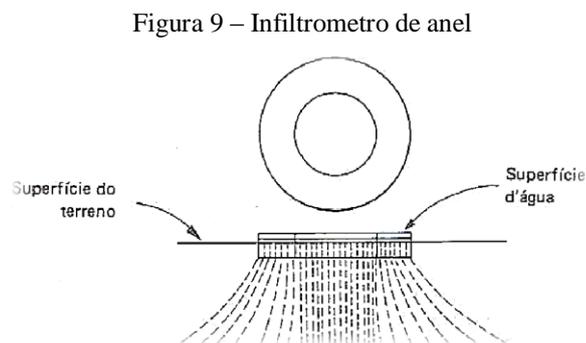
O processo de infiltração pode ser determinado através de equipamentos que simulam as precipitações, utilizados para descobrir a capacidade do solo em absorver a água na sua superfície, calculando o tempo necessário até acarretar na sua saturação.

Diante disso, um dos métodos capazes de analisar a capacidade de infiltração da água no solo, e por ventura mais conhecidos devido a sua facilidade e praticidade na sua utilização, é o mecanismo de infiltrômetro de anel, ao qual será discorrido.

### 2.5.2.1 Infiltrômetro de Anel

O infiltrômetro é o mecanismo utilizado nas agriculturas, recurso hídricos e projetos de engenharia onde houver a necessidade de determinar o processo de infiltração de água no solo.

É composto basicamente de dois cilindros metálicos, um de cinquenta e o outro de vinte e cinco centímetro de diâmetro, correspondentes com a altura de trinta centímetros, sendo acoplados um dentro do outro (Figura 9), e que devem ser instalados a quinze centímetros dentro do solo; havendo necessariamente a utilização de uma régua no anel central para estabelecer os critérios de infiltração.



Fonte: VILLELA; MATTOS, 1975

O primeiro passo para estabelecer a medição corresponde na aplicação dos cilindros no solo, ambos centralizados e nivelados na mesma altura. Depois é preciso a realização do preenchimento de água nos anéis ao mesmo momento. Com isto é colocada a régua no cilindro interno para a realização da leitura do volume de água, anotando-se periodicamente com intervalos de tempo a altura da lâmina, decorrentes da infiltração vertical.

### 2.5.3 Equação Representativa

A representação da capacidade de infiltração no solo é dada pela variação das leituras em função dos intervalos de tempo, podendo ser representadas pela equação de Kostiakov, (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$F = at^n \quad (2)$$

Onde:

F - infiltração acumulada em cm;

a - constante dependente do solo;

t - tempo de infiltração em minutos;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

Os resultados coletados podem ser expressos através de gráficos, demonstrando a curva de infiltração, definidas pela relação entre a velocidade de percolação com o tempo acumulado, descobrindo assim a capacidade de infiltração do solo quando submetidas as cargas de água.

### 2.5.4 Características dos Solos

Os solos são compostos de camadas superficiais na crosta terrestre, basicamente definidas por aglomerados minerais e materiais orgânicos, originários da decomposição de animais e plantas, contempladas em sua granulometria.

O índice de permeabilidade dos solos está relacionado com os vazios, proporcionado pela sua aglutinação, determinando a capacidade de infiltração dos solos, pois quanto mais e maiores forem os poros, maior será a eficácia de permeabilidade, conseqüentemente menores os poros, menor a capacidade de penetração das águas. Isto pode ser verificado no quadro seguinte:

<b>PERMEABILIDADE DO SOLO</b>	
<b>Solos</b>	<b>Permeabilidade</b>
Pedregulho e Areia grossa	Alta
Areias	Média
Areias Finas e Silte	Baixa
Siltos e Argilas	Muito Baixa
Argilas muito Plástica	Quase Impermeável

Fonte: Adaptado de LOPES, 2014

## 2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial é um dos componentes do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da terra, considerando a menor porção de chuva escoada sobre a superfície saturada, formando sucessivamente as enxurradas, desaguardando nos córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação (MARTINS, 2011). Pode ser representado como está descrito na Figura 8.

Sua origem tem início nas precipitações que atingem a superfície destacada pela sua intensidade e o tempo de duração, pois quanto maior o volume, mais rápido o solo atingirá a sua capacidade de infiltração, provocando excesso na sua superfície da bacia, formando lâminas de água estabelecidas em pequenas profundidades e larguras indefinidas até encontrar uma calha pré-estabelecida que proporcione o escoamento (VILLELA e MATTOS, 1975).

Este escoamento depende essencialmente da superfície da bacia, pois favorece nas passagens com maior declividade e menor obstrução até encontrar drenos definidos que escoem a água para regiões mais baixas, gerando o acúmulo na sua jusante.

O escoamento em bacias urbanas é caracterizado pela interferência do homem no meio ambiente, alterando características físicas naturais para uma melhor comodidade para os habitantes, com a criação de vias, casas, prédios e centros comerciais, impermeabilizando a superfície, dificultando a capacidade de absorção de água no solo. Dessa forma, as águas provenientes das precipitações procuram o melhor caminho para se dissipar, encontrando no meio urbano as sarjetas e redes pluviais, gerando um maior volume superficialmente.

## 2.7 INUNDAÇÕES URBANAS

As inundações podem ser estabelecidas como sendo a elevação temporária do nível da água, devido ao volume das precipitações ocasionarem acúmulos de água na superfície do solo, atingindo tal magnitude que as águas não se limitam aos caminhos pré-estabelecidos, extravasando-se para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas mesmas (AUGUSTO, 2001).

Segundo Tucci (1998), as inundações em centros urbanos são tão antigas quanto qualquer cidade ou aglomerado urbano, pois ocorrem quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à deficiência no transporte de um destes sistemas, acarretando na ocupação de áreas utilizadas para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros.

Estes acontecimentos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios, mas com a alteração produzida pelo homem, impermeabilizando o solo e implantando canalizações nos rios e riachos, este sistema se estende por encontrar um maior volume de água a ser escoado.

As inundações urbanas podem ser classificadas em duas formas, Inundações ribeirinhas e Inundações devido à urbanização, os quais serão abordados.

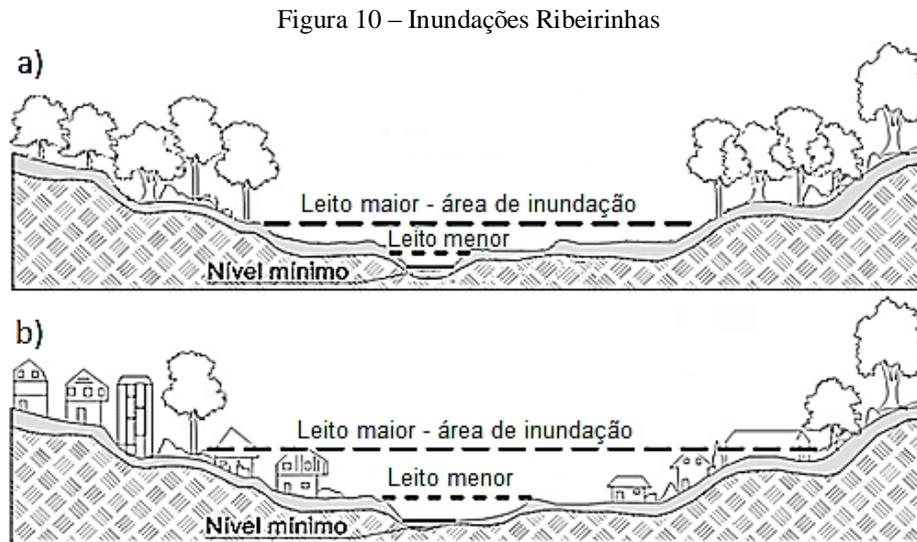
### **2.7.1 Inundações Ribeirinhas**

As cidades, na maioria das vezes, são constituídas através das margens de rios e lagos, onde oferecem melhores condições para a sobrevivência humana. Com isto, a aglomeração de pessoas no seu perímetro torna-se inevitável, devido à disponibilidade de alimentos, água, transporte e comércio.

Contudo, estas habitações se toram vulneráveis nas alterações no volume de água dos rios, decorrentes da ação do ciclo hidrológico ou fenômenos climáticos. As variações acontecem naturalmente no decorrer do ano (Figura 10a), podendo mudar suas características, quantificadas nas secas provenientes da escassez de água, e nas cheias, resultado das grandes quantidades de chuvas precipitadas.

Conforme a ACCA (2014), as inundações ribeirinhas são decorrentes da água traspasar da calha principal do rio, onde invadem locais habitualmente secos em suas margens. Por sua vez, os rios são constituídos geralmente por dois leitos, o leito menor, onde

a água escoar na maioria do tempo, e o leito maior, que é inundado em média a cada dois anos, como demonstrado na figura abaixo.



Fonte: Adaptado de TUCCI, 2008

Diante disso, surgem problemas quando a população se estabelece nos limites naturais dos rios (Figura 10b), ocupando o leito maior e ficando à mercê dos alagamentos, causando estragos como (ACCA, 2014):

- a) Prejuízos de perdas materiais e humanas;
- b) Interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;
- c) Contaminação por doenças de vinculação hídrica;
- d) Contaminação da água pela inundação de depósitos de materiais tóxicos, de estações de tratamento entre outros.

### 2.7.2 Inundações devido à Urbanização

A formação das cidades nas margens dos rios e a procura de melhores condições de vida trouxeram consigo um aglomerado de pessoas vindas do campo, ocasionando em uma ampliação dos territórios urbanos, caracterizado assim o processo de urbanização.

A urbanização assinala a continuidade da apropriação do espaço natural, evidenciado pela ocupação desordenada do solo com obras de infraestruturas, moradia, comércio,

calçadas, pátios, aterros, entre outras. Estes atos produzem empecilhos que influenciam diretamente na alteração do escoamento da água.

Segundo Miranda (2006), na segunda metade do século vinte o Brasil se tornou um país urbano, ou seja, mais de 50% de sua população passou a residir nas cidades. A partir da década de 1950, com a intensificação do processo de industrialização, ocorreu um impulso na ocupação nas áreas urbanas, ocorrido em especial na forma desordenada, ocupando principalmente áreas de riscos.

O principal efeito causado pela urbanização consiste na alteração da superfície com a implantação de áreas impermeáveis, ocasionando em obstáculo para o processo de infiltração de água no solo. Dessa forma, a água que infiltrava passa também a escoar sobre a superfície, gerando um aumento no volume e na velocidade de escoamento (FEAM, 2003).

A impermeabilização trouxe consigo preocupações causadas pelo acúmulo de água na superfície, ocasionado as enxurradas, enchentes e inundações. Por sua vez, causando prejuízos para a população. Segundo TUCCI (1997), o efeito da impermeabilização acarreta na formação de:

- a) Aumento das vazões máximas em até sete vezes, devido ao aumento da capacidade de escoamento;
- b) Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos;
- c) Deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de materiais sólidos e às ligações clandestinas de esgoto e pluvial;
- d) Assoreamento dos rios e lagos nos espaços urbanos.

Diante disso, a urbanização descontrolada das cidades aliada com a crescente impermeabilização do solo, acarretam nas sobrecargas de águas na superfície, ocorrendo o agravamento das enchentes naturais e ampliação dos pontos de alagamento. Contudo, para minimizar estes impactos, deve haver a elaboração dos projetos de drenagens, tendo por finalidade evitar a formação dos acúmulos de água em sua superfície.

## 2.8 DRENAGEM URBANA

O termo drenagem é entendida como sendo conjuntos de estruturas e instalações que tenham como objetivo escoar o excesso de água adquirido durante as chuvas, minimizando os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuindo prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (PORTO; FILHO; ZUHED; BIDONE, 2012).

Este termo foi sendo estabelecido nos meados do século XIX, nas capitais europeias, onde passou a ser compreendido como algo essencial para grandes aglomerados humanos, tirando a concepção errada de ser somente um acessório. As mudanças nas drenagens ocorreram somente na segunda metade do século XIX, quando constataram na Itália que as águas de banhados e zonas alagadiças influenciavam na mortandade de pessoas e animais, tornando então extintos os banhados, tampando e enterrando as fossas receptoras de esgoto cloacal, e substituindo estas por canalizações enterradas (SILVEIRA, 2002).

No final do século XIX, muitas cidades importantes, principalmente as capitais europeias, foram dotadas de grandes redes subterrâneas unitárias compreendendo o esgoto pluvial e cloacais no mesmo condutor, concretizando o conceito higienista (SOUZA; DAMÁSIO, 1993).

Este conceito não demorou a chegar no Brasil. Por volta de 1864, foram implantadas no Rio de Janeiro as primeiras redes de esgoto sanitário, que foram recebidas com sucesso, pois apresentavam uma harmonia com as reformas urbanísticas. Neste período, com o conceito de higienista no Brasil, estabeleceu-se um sistema separador absoluto, onde as rede de condutores de drenagem pluvial seriam implantadas separadas dos esgotos domésticos. Esta ideia ficou estabelecida como regra para as cidades brasileiras (SILVEIRA, 2002).

De acordo com IBGE (2000), cerca de 67% dos municípios brasileiros contêm sistema de drenagem subterrâneo, deste sistema, 82% tinham sistemas separados de drenagem.

O sistema de drenagem urbana tem como ideia principal conduzir a água gerada para outro lugar, longe dos locais de produção e mais rapidamente possível, desempenhando o papel de armazenagem, transporte e dissipação do fluido, evitando danos aos habitantes, principalmente aos que residem nas regiões baixas ou próximas de rios e córregos.

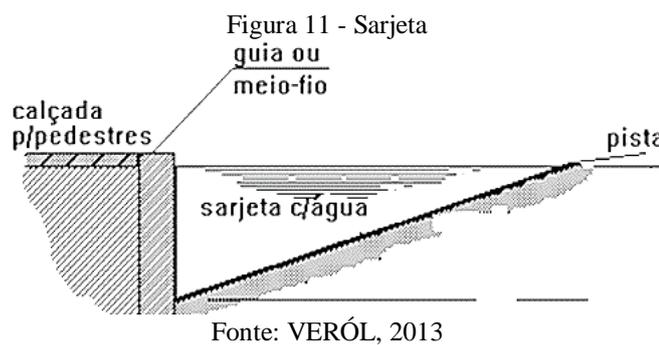
Diante isto, os sistemas de drenagem variam de acordo com as características do problema a ser resolvido, com o tamanho da área a ser demandada, o índice de permeabilidade do solo, os tipos de ocupação do solo, características físicas, hidrológicas e hidráulicas da bacia, riscos adotados para o sistema, obras de infraestrutura existente, entre outros (PHILIPPI, 2005). As medidas estruturais são compreendidas pela Microdrenagem, Macrodrenagem e Controle na Fonte.

### 2.8.1 Microdrenagem

A microdrenagem urbana é definida como sendo estruturas de captação e condução de águas pluviais que chegam aos elementos viários como ruas, praças e avenidas, provenientes não apenas das precipitações diretas, mas também pelas captações existentes nas edificações em lotes ao longo das vias urbanas, (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012).

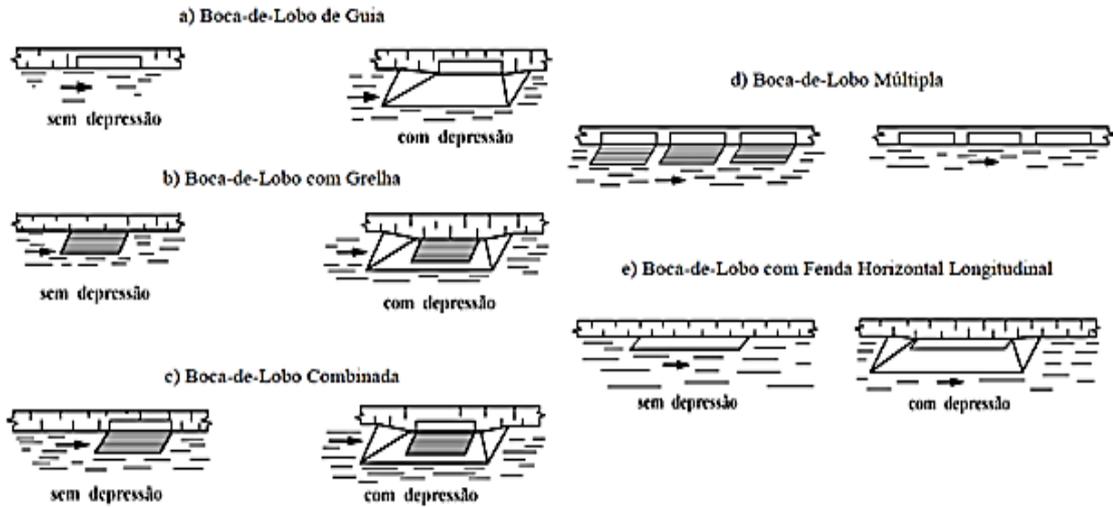
Pode ser entendido como estrutura de entrada para o sistema de drenagem das bacias, essencialmente composta de elementos artificiais associados à pavimentação, tendo por objetivo garantir as características de tráfego e conforto dos usuários destas estruturas. O sistema de microdrenagem é composto por (SMDU, 2012):

- a) Meio-fio: elemento de pedra ou concreto colocado entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua com a sua face superior no mesmo nível do passeio;
- b) Sarjetas: formação da calha receptora de água nas vias públicas, localizadas do lado do meio-fio;



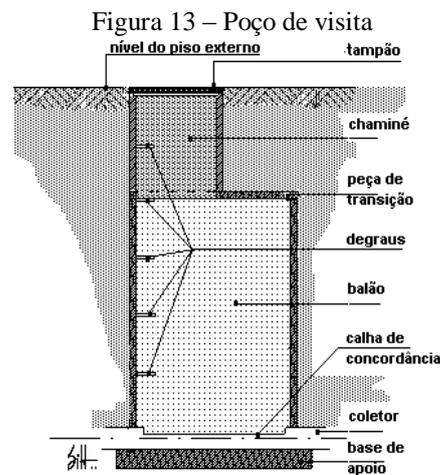
- c) Boca de lobo: dispositivo de captação de águas pluviais, localizadas nas sarjetas;

Figura 12 – Bocas de lobo



Fonte: TUCCI, 2012 apud DAEE/CETESB, 1980

d) Poço de visita: dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e limpeza das canalizações;



Fonte: FERNANDES, 2009

e) Tubos de ligação: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visitas;

Figura 14 – Tubos de ligação



Fonte: LAJES OLIVEIRA

- f) Conduitos: obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas;
- g) Galerias: canalização públicas usada para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e ligações privadas;
- h) Trecho: porção da galeria situada entre dois poços de visitas.

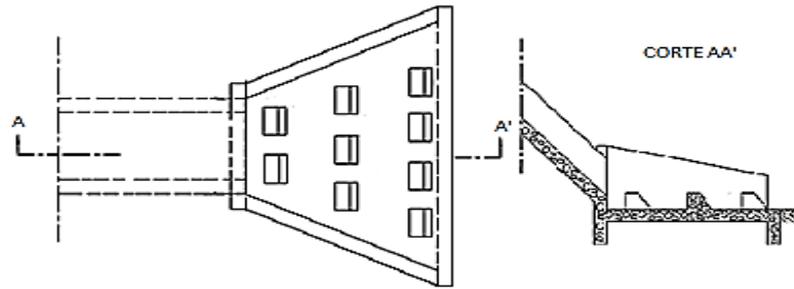
## 2.8.2 Macrodrenagem

As obras de macrodrenagem compreendem as estruturas de condução principal da bacia. Em geral, originam-se nos elementos de drenagem pré-existentes antes da urbanização, sendo constituída pelos igarapés, córregos, riachos e rios, localizado nos talvegues e valas. Têm o papel de concentração e condução final das águas pluviais da bacia, recebendo contribuições de diversos subsistemas da microdrenagem (SMDU, 2012).

Segundo à Fundação Nacional de Saúde (2004), as aplicações da macrodrenagem visam melhorar as condições de escoamento, as quais evitam a formação de problemas como erosões, assoreamento e inundações ao longo dos talvegues, podendo ser constituídas por:

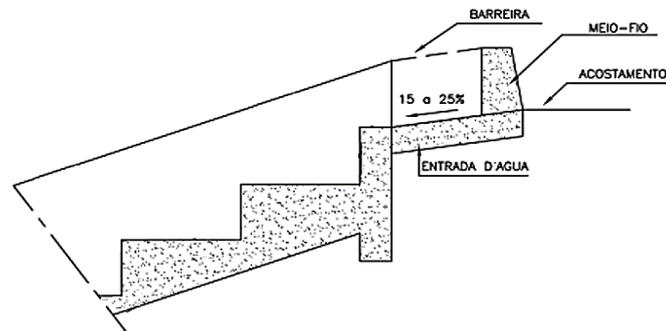
- a) Dissipação de energia: são estruturas responsáveis por diminuir a velocidade das águas antes de chegarem nos locais onde serão dispostas, localizadas frequentemente no final da microdrenagem, abastecendo a macrodrenagem, constituídas de barreiras de concreto ou pedra (Figura 15), e da utilização de escadas (Figura 16).

Figura 15 – Dissipador de águas de concreto



Fonte: DNIT, 2006

Figura 16 – Dissipador tipo escada



Fonte: DNIT, 2006

b) Retificação e/ou ampliação das seções de cursos naturais;

Figura 17 – Ampliação do Rio



Fonte: FUNASA, 2004

c) Construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões;

Figura 18 – Canalização de rio



Fonte: ROSSI, 2013

f) Estruturas auxiliares para proteção contra erosão e assoreamento, travessias e estações de bombeamento.



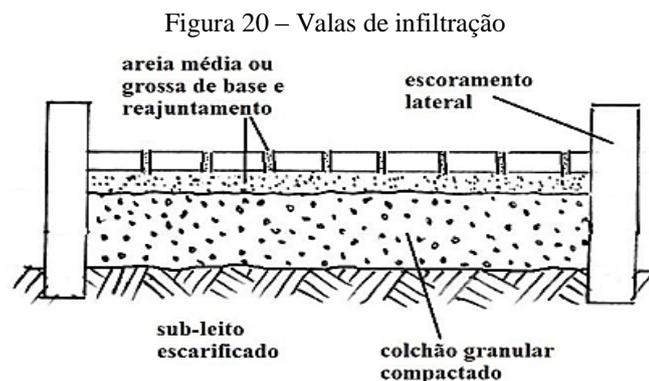
Fonte: CARVALHO, 2011

### 2.8.3 Controle na Fonte

As medidas de controle na fonte são aquelas que apresentam a nova visão de convivência com as cheias urbanas, propondo a redução do escoamento superficial provocado pela urbanização. Essas medidas contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzindo alternativas que se integram harmonicamente com a paisagem, contribuindo para o tratamento da poluição superficial, melhorando a qualidade da água escoada nos canais (SMDU, 2012).

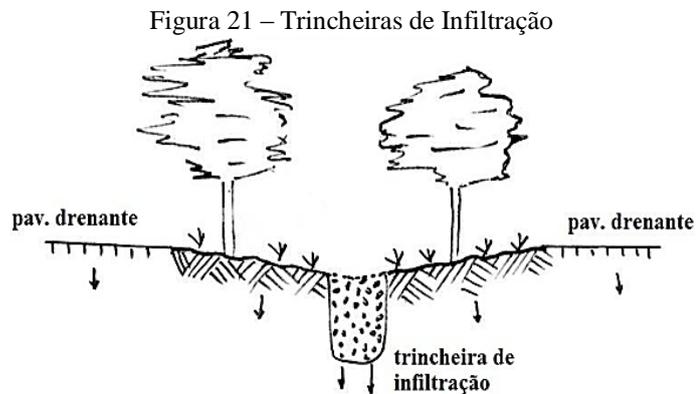
Tendo como objetivo encaminhar a água para absorção do solo, essas medidas reduzem o volume até chegar no sistema de drenagem, atuando temporariamente no armazenando e na infiltração da água, podendo ser classificadas em:

- a) Pavimentos porosos;
- b) Valas de infiltração;



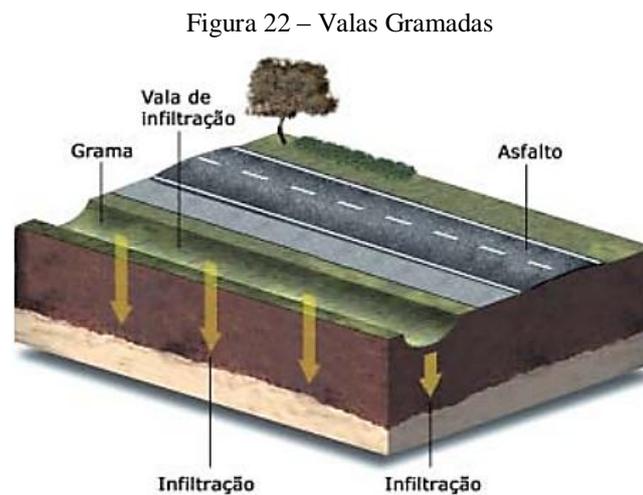
Fonte: RODRIGUES, 2011

c) Trincheiras de infiltração;



Fonte: RODRIGUES, 2011

d) Valas gramadas;



Fonte: FEAM, 2006

Diante disso, as vantagens são definidas pela regularização das vazões geradas para a jusante da bacia, desafogando as redes pluviais normalmente saturadas de forma natural e simplificada.

## 2.9 PROBLEMÁTICA NA DRENAGEM URBANA

Os problemas encontrados na drenagem urbana são estabelecidos desde as formações das cidades, que por sua vez se constituíram nas margens dos rios e riachos, onde acontecem enchentes de forma naturais. O avanço das cidades, devido à urbanização, trouxe consigo as

áreas impermeáveis que dificultam o processo de infiltração da água no solo, ocasionado os acúmulos superficiais.

Além disso, o fato da existência de um sistema de drenagem não assegura o perfeito escoamento da superfície, tendo em vista as constantes alterações no solo com a crescente dos centros urbanos, além das redes terem que passar por procedimentos de manutenção. De acordo com Tucci (1997), as inundações podem ser provocadas por:

- a) Erros de execução de projetos de drenagem, devido ao pouco controle sobre as diferentes entidades que atuam na infra-estrutura urbana;
- b) Adutoras, pontes, vias e rodovias, que são frequentemente projetadas sem considerar seus impactos causados na drenagem;
- c) Estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes;
- d) Assoreamento do leito do rio;
- f) Formulação de grandes volumes de lixos e sedimentos, com a falta de limpeza das estruturas pluviais;
- g) Falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- h) Falta de educação da população sobre o controle de enchentes;
- i) A não existência de interesses em relação à prevenção.

Esses tipos de problemas são constantemente encontrados nos sistemas pluviais, podendo ocorrer em diferentes pontos da cidade ou pela combinação dessas situações, acarretando nas inundações e prejuízos para os cidadãos.

### 3 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho adotou como estudo um sistema de drenagem urbana que vem causando transtornos aos habitantes da cidade brasileira de Anápolis-GO, sucessivamente no decorrer dos anos, sempre quando ocorrem precipitações intensas. Por sua vez, foram aplicadas medidas para prevenir esta situação, como as implantações de redes pluviais, mas sem solução, persistindo na ocorrência do problema.

Trata-se, portanto, da situação em que se encontra atualmente a drenagem da Avenida Universitária, descrevendo as suas principais características, os motivos que provocam a geração deste incômodo, além de incluir medidas solucionadoras.

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DA AVENIDA UNIVERSITÁRIA

O contexto histórico durante a fundação de Anápolis descreve o desenvolvimento desta nas margens de rios e córregos, uma prática tradicional nas cidades brasileiras. O progresso das cidades em busca de melhores condições de vida, evidenciado pela urbanização, expõe a continuidade na ocupação do território, com moradia, comércio, entre outros, resultando na implantação de obras de infraestrutura.

A Avenida Universitária é o resultado do conceito de mobilidade urbana, em que oferece melhor simplicidade e clareza no deslocamento, identificada como sendo uma via arterial, visto que utiliza de semáforos para controlar o trânsito, com acessibilidade aos lotes e vias secundárias, possibilitando o deslocamento entre regiões (DAROS, 2007).

Ela é responsável por interligar o centro com a região norte da cidade, percorrendo e englobando diversos bairros na sua localidade, além de ser constituída por viadutos nas suas extremidades e contendo a principal entrada da cidade.

Em sua margem, podem ser encontrados estabelecimentos de várias espécies como: faculdades (UniEvangélica, Faculdade Anhanguera e Inesul), comércio diversificado sendo constituído pelo centro comercial Anashopping, Supermercados Rio Vermelho e Hiper Vip, Goyaz Transportadora, postos de combustível, oficinas, restaurantes, lanchonetes, além das igrejas e moradias. Mas também pode ser identificado o Córrego João Cezário, o qual a avenida traspasa (Figura 23).

Figura 23 – Avenida Universitárias



Fonte: Google Maps, 2015

A Universitária, compreende as dimensões de 3,75 km de extensão, havendo duas pistas com 8,5 metros de largura cada, possuindo canteiro central com a média de 3,5 metros e calçadas de 5 metros de largura.

Com isto, torna-se uma das principais avenidas de Anápolis.

### 3.2 APRESENTAÇÃO DO CASO

O desenvolvimento da cidade trouxe consigo inúmeras preocupações com o bem-estar da sociedade, principalmente em relação à infraestrutura. Por sua vez, com a necessidade de implantação das vias, calçadas, aterros, casas e edifícios, modificaram as peculiaridades da superfície, transformando prejudicialmente um solo permeável propício à infiltração em impermeável, sem haver percolação, procedimento no qual não ocorre o processo de infiltração das águas das chuvas, tornando-se favorável ao escoamento superficial, em que ocasiona a formação das enxurradas e conseqüentemente contribui na geração de acúmulos de água na superfície.

Em virtude do desenvolvimento com as crescentes ampliações das cidades, gerou-se uma contínua inserção de áreas impermeáveis, por sua vez reduzindo a capacidade de infiltração e aumentando a geração de um maior volume de água a ser escoado. Diante disto, a água que é escoada na superfície tende a transportar-se em percursos onde forneça menores obstáculos, tendo em vista os elementos topográficos. Com isso, uma forma comum para o

seu deslocamento é a utilização das ruas, onde são compreendidas através do seu perímetro até alcançarem as regiões baixas da bacia.

Desta maneira, a Avenida Universitária amarga o resultado crescente em seu desenvolvimento, com ampliação das áreas impermeáveis, sendo submetida a uma grande quantidade de águas quando ocorrem precipitações intensas, resultando no alto volume das enxurradas (Figura 24), acúmulos de água em seu percurso (Figura 25), e por sua vez até invasão dos edifícios próximos.

Figura 24 – Enxurradas na Avenida Universitária



Fonte: MATOS, 2014.

Figura 25 – Acumulo de água na Avenida



Fonte: MATOS, 2014.

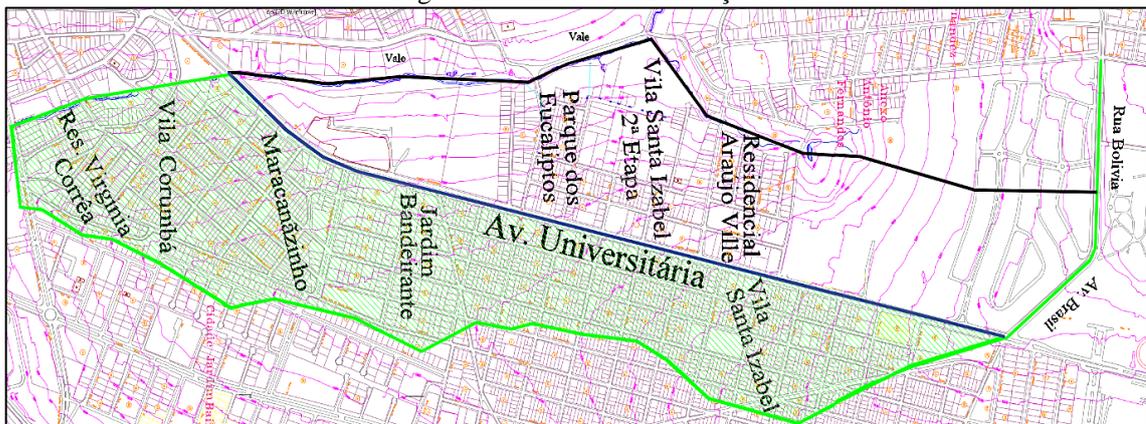
Este problema vem se arrastando por vários anos, causando transtornos, prejuízos, perdas e até óbitos nas localidades da via, tornando-se um motivo de preocupação para a população sempre quando chove, sabendo que seu itinerário irá ser alterado.

### 3.3 JUSTIFICATIVA DOS ACONTECIMENTOS

A insatisfação da população quando trafega a Avenida ou frequenta os estabelecimentos nos dias chuvosos deve-se à grande quantidade de água que escorre e acumula em torno do seu perímetro, causando inundações na via, invadindo calçadas e edificações. Esta grande quantidade é obtida por vários fatores que sucedem na Avenida, um deles é sobre a sua localização, pois encontra-se paralelamente ao vale, (Figura 26), recebendo toda a água das regiões altas, que deveria ser destinada diretamente ao Córrego.

Com isto, a via atua como sendo um canal de escoamento das águas das chuvas, recebendo a contribuição de todo o montante da bacia, começando nas Rua Bolívia e Avenida Brasil, incluindo os bairros: Vila Santa Izabel, Jardim Bandeirante, Maracanzinho, Vila Corumbá e Residencial Virgínia Corrêa, além da sua própria parcela. Isto equivale a uma área de 0.64 Km<sup>2</sup>, correspondendo toda a região verde na figura abaixo.

Figura 26 – Área de Contribuição



Fonte: RODRIGUES, 2015

Outro fator que ocorre significativamente é em relação a sua topografia, pois apresenta um terreno declinável em relação ao seu comprimento, além de ser côncava na sua jusante. Como demarcado na figura acima, neste ponto a Avenida Universitária apresenta um comprimento de 2,44 km, onde o montante é de 1085,62 e sua jusante de 1001,50, havendo a diferença de 84,12 m, nas extremidades.

Em relação a esta diferença, fica propício que as águas das chuvas escorram para as regiões mais baixas, provocando enxurradas na Av. Universitária e conseqüentemente alagamentos na sua jusante, na qual está localizado o Córrego João Cezário.

### 3.4 DRENAGEM DA AVENIDA UNIVERSITÁRIA

Para conter a demanda das águas das chuvas, foram implantados métodos de drenagem no decorrer dos anos, buscando uma solução definitiva. Mas com o crescente aumento nas áreas impermeabilizadas e a falta de manutenção das redes pluviais, resultaram-se em seu saturamento, provocado pelo aumentando o volume de água na superfície.

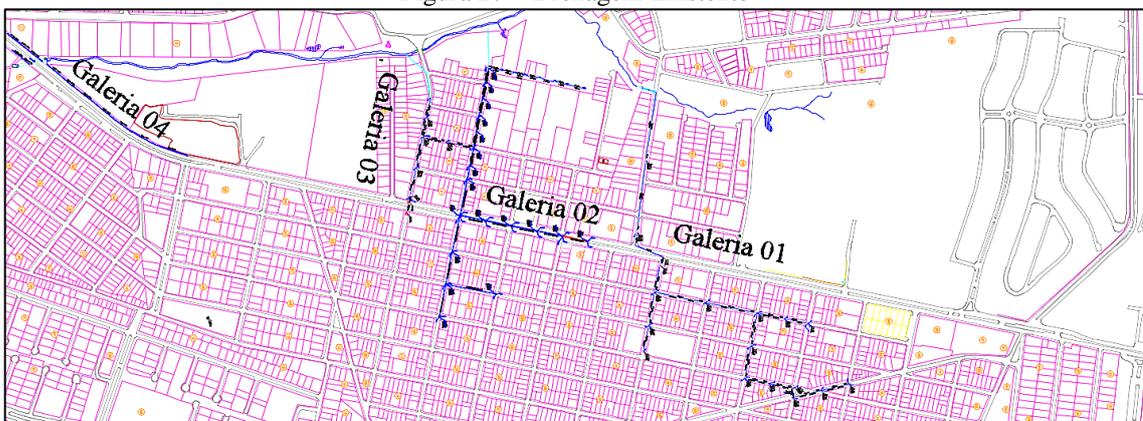
Os métodos de drenagem utilizados, efetuou-se na implantação dos sistemas de Macrodrenagem e Microdrenagem, na Avenida, no Córrego João Cezário e nos bairros vizinhos, com: obras de canalização do Córrego, a colocação de bocas de lobo, ramais, sarjeta e poços de visitas.

Em vista disto, foram implantados 3,2 km, de rede pluvial em toda a via e região, sendo constituído por:

- a) Ramais: compreendendo os diâmetros de 400 a 1200 mm;
- b) Bocas de Lobo: estabelece como sendo 154, onde 43 isoladas e 111 em conjunto;
- c) Poços de Visita: são 43 poços, com profundidade entre 175 a 500 cm;
- d) Bueiro Celular: no percurso do Córrego foram colocados bueiros duplos com manilhas de 1165 mm, cada, para traspasar a Avenida.

Estes elementos de drenagem, foram aplicados em diversas etapas, até chegar à estrutura que está hoje, demonstrado na figura abaixo.

Figura 27 – Drenagem Existente



Fonte: RODRIGUES, 2015

### 3.5 EXPOSIÇÃO DAS PATOLOGIAS

Durante o levantamento da rede pluvial, foram encontrados vários fatores que influenciam diretamente o pleno funcionamento dos elementos de drenagem, os quais apresentam problemáticas notórias, principalmente em relação à manutenção da rede, juntamente com as imperfeições de projeto ao não seguimento das recomendações estabelecidas, além do inadequado sistema para conter a vazão atual.

As bocas de lobo sobressaíram com o maior número de problemas encontrados, estando integralmente ligados com a falta de conservação, ocorrendo principalmente na maioria nas redes antigas do sistema. Com isso, podemos observar a existência de várias bocas de lobo entupidas de lixo (Figura 28), algumas com tampas mal colocadas, quebradas ou até sem (Figura 29), e outras devido ao recapeamento da via terem aumentado à altura do asfalto, obstruindo as sarjetas, fazendo com que dificulte ou não permita a entrada de água (Figura 30).

Figura 28 – Bocas de Lobo Entupidas



Fonte: RODRIGUES, 2015

Figura 29 – Bocas de Lobo Danificadas



Fonte: RODRIGUES, 2015

Figura 30 – Bocas de Lobo Obstruídas



Fonte: RODRIGUES, 2015

Outros fatores analisados são em relação a sua estrutura, que por sua vez compreende situações que não são recomendadas pelas normas, motivo o qual prejudica o funcionamento dessas bocas de lobo, sendo exemplificados em:

- a) Distâncias entre Poços de Visita e Bocas de lobo: em virtude das orientações estabelecidas por (TUCCI, 2004), (PMG, 2005), os intervalos em alguns pontos da rede ultrapassam os limites estabelecidos, uma forma econômica, porém não viável. O espaço recomendado entre os PVs é de 100 m, a fim de proporcionar a limpeza das tubulações, além de 60 m para as BL, o que não é seguido em determinados locais, como verificado na figura abaixo.



Fonte: RODRIGUES, 2015

- b) Ramais de ligação: foram encontrados locais em que ocorrem a virada de direção, acentuado pela mudança de declividade sem a presença de Poço de Visita, determinado de verde na (Figura 32), por ventura um fator não recomendado pelo (DNIT, 2006), podendo provocar deslocamento nas manilhas, dependendo da intensidade da vazão.

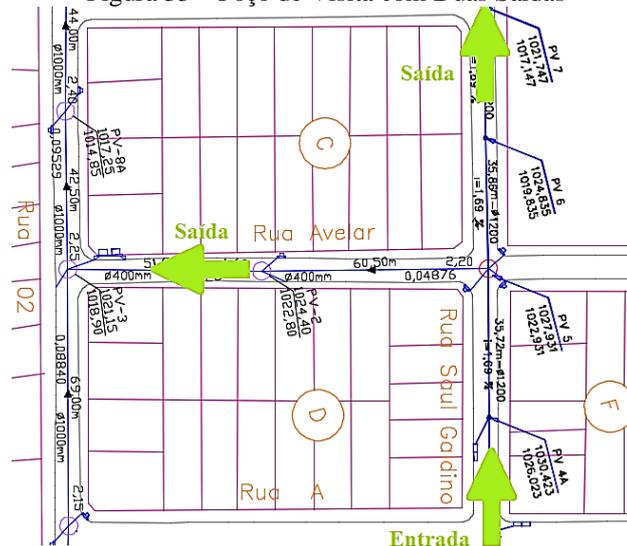
Figura 32 – Falta de Poço de Visita



Fonte: RODRIGUES, 2015

- a) Poços de Visita com duas saídas: a última ampliação na drenagem feita na região da Avenida Universitária instaurou-se com o reaproveitando de um PV já existente. A água captada de toda a ampliação também escorre para ela, a mais antiga, como mostrado (Figura 33). Com isto, a estrutura apresenta-se fora das recomendações do (DNIT, 2006), pois propõe que o Poço de Visita deve ter uma única saída, embora possuindo várias entradas.

Figura 33 – Poço de Visita com Duas Saídas



Fonte: RODRIGUES, 2015

Outra razão ocorre em virtude da velocidade de escoamento na rede, com os parâmetros estabelecido no tópico 5.2.1, e devido ao aumento no volume de água ser maior do que a capacidade de vazão do mesmo, no qual excede os parâmetros de recomendação,

ultrapassando os níveis de 0,75 m/s até 5 m/s, chegando a extrapolar a máxima estabelecida, proporcionando, desse modo, um efeito abrasão nas superfícies da rede. Outro fator é a relação da altura da rede com o diâmetro, na qual orienta-se estar entre 0,1 a 0,85, e em alguns pontos mostra-se evadida devido à declividade do local, demonstrada de vermelho nas figuras abaixo, de acordo com as Figuras 34, 35, 36, e que apresenta-se completa, nos Apêndices A, B, D.

Figura 34 – Velocidade da Galeria 01.

Galeria 01		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)			Cotas inf. Galeria (m)				Prof. Galeria (m)						
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Q <sub>loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
12	61	2719,68	2719,68	0,0874	0,0874	600	1069,65	1067,50	1068,05	1065,9	0,0352	1,6	1,6	0,027253496	1,835275061	0,1962	1,07851581
23	63,7	2032,17	4751,85	0,0632	0,1505	600	1067,50	1065,80	1065,9	1064,2	0,0267	1,6	1,6	0,022642091	1,741981918	0,178	1,95409225
34	2,1	4038,23	8790,08	0,1232	0,2737	600	1065,80	1065,80	1064,2	1064,2	0,0000	1,6	1,6	0	1,1487	0,0802	5,38832254
45	54,4	1686,12	10476,20	0,0514	0,3251	600	1065,80	1064,20	1064,2	1062,6	0,0294	1,6	1,6	0,017563747	1,629716475	0,157	4,51205102
56	58,2	1713,8	12190,00	0,0519	0,3770	600	1064,20	1062,80	1062,6	1061,2	0,0241	1,6	1,6	0,019607354	1,676159016	0,1656	5,0876018
67	71,5	2911,5	15101,50	0,0876	0,4647	600	1062,80	1061,30	1061,2	1059,7	0,0210	1,6	1,6	0,03544273	1,983078225	0,2263	5,23979051
78	72,8	2606,18	17707,68	0,0779	0,5426	600	1061,30	1060,30	1059,7	1058,7	0,0137	1,6	1,6	0,038917437	2,039671444	0,2382	6,01624168
89	114,55	22759,41	62722,08	0,6756	1,2181	600	1060,30	1056,00	1058,7	1054,4	0,0375	1,6	1,6	0,204232266	3,512768894	0,5323	7,84291109
910	110,9	6935,65	63717,73	0,2060	1,4242	800	1056,00	1052,50	1054,2	1050,7	0,0316	1,8	1,8	0,03153301	1,915291388	0,2123	9,45971144
1011	60,7	113086,8	212735,91	3,3093	4,7335	800	1052,50	1050,30	1050,7	1048,5	0,0362	1,8	1,8	0,47276187	18,19570044	0,9735	3,30857214
1112	19,7		212735,91	0,0000	4,7335	800	1050,30	1050,00	1048,5	1048,2	0,0152	1,8	1,8	0	1,1487	0,0802	52,4241322
1213	93,14		212735,91	0,0000	4,7335	800	1050,00	1045,50	1048,2	1043,7	0,0483	1,8	1,8	0	1,1487	0,0802	52,4241322
1314	157	382,12	213118,03	0,0111	4,7446	800	1045,50	1033,00	1043,7	1031,2	0,0796	1,8	1,8	0,001066087	1,182537702	0,0849	51,0404425
14 Corrégio	150		213118,03	0,0000	4,7446	1000	1033,00	1015,00	1031	1013	0,1200	2	2	0	1,1487	0,0802	33,6298434
8b 8a	52,3	18002,8	18002,8	0,5782	0,5782	400	1065,20	1062,90	1063,8	1061,5	0,0440	1,4	1,4	0,476170409	18,98636192	0,3988	1,54933585
8a 8	60,1	4252,19	22254,99	0,1277	0,7060	400	1062,90	1060,30	1061,5	1058,9	0,0433	1,4	1,4	0,106039602	2,745060267	0,4015	13,0870937
10b 10a	56,5	27781,13	27781,13	0,8923	0,8923	400	1055,97	1054,50	1054,57	1053,1	0,0260	1,4	1,4	0,955324429	1691,803833	0,8435	0,02635706
10a 10	73,5	2150,23	29931,36	0,0310	0,9234	600	1054,50	1052,50	1052,9	1050,9	0,0272	1,6	1,6	0,011021986	1,468655078	0,1289	14,2195381

Fonte: RODRIGUES, 2015

Figura 35 – Velocidade da Galeria 02.

Galeria 02		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)			Cotas inf. Galeria (m)				Prof. Galeria (m)						
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Q <sub>loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
01	55	8671,3	8671,30	0,2785	0,2785	600	1044,61	1042,73	1043,01	1041,13	0,0342	1,6	1,6	0,088235908	2,538893458	0,386	2,42380779
11A	57	7058,54	15729,84	0,2237	0,5022	600	1042,73	1041,00	1041,13	1039,4	0,0304	1,6	1,6	0,075210874	2,481123475	0,3379	4,57805693
1A2	57	2699,35	18429,79	0,0850	0,5872	800	1041,00	1039,30	1039,2	1037,5	0,0298	1,8	1,8	0,013378242	1,528934712	0,1391	4,88579851
22A	57	3629,14	22058,93	0,1134	0,7006	800	1039,30	1037,87	1037,5	1036,07	0,0251	1,8	1,8	0,01947481	1,67319965	0,165	5,32630858
2A3	57	5097,37	27156,30	0,1583	0,8589	800	1037,87	1035,79	1036,07	1033,99	0,0365	1,8	1,8	0,022541516	1,733658631	0,1776	6,28053176
34	80,97	7375,55	62372,12	0,2279	1,0868	1200	1035,79	1032,05	1033,59	1029,85	0,0462	2,2	2,2	0,009781949	1,435853136	0,1234	4,27982024
44A	30,19	2591,73	64963,85	0,0792	1,1661	1200	1032,05	1030,42	1029,85	1028,22	0,0540	2,2	2,2	0,003145448	1,246807688	0,0941	5,28806109
4A5	35,72	627,7	32795,78	0,0191	1,1852	1200	1030,42	1027,93	1028,22	1025,73	0,0697	2,2	2,2	0,000668239	1,170028115	0,0831	5,72751316
56	35,86	10369,46	43165,24	0,3149	1,5001	1200	1027,93	1024,83	1025,73	1022,63	0,0864	2,2	2,2	0,009879321	1,4388456371	0,1238	5,89647258
67	35,86	0	43165,24	0,0000	1,5001	1200	1024,83	1021,75	1022,63	1019,55	0,0859	2,2	2,2	0	1,1487	0,0802	7,38384633
78	36,3	2755,99	45321,23	0,0832	1,5833	1200	1021,75	1019,13	1019,55	1016,93	0,0722	2,2	2,2	0,002856158	1,238022859	0,0928	7,23101575
89	36,3	0	45321,23	0,0000	1,5833	1200	1019,13	1016,68	1016,93	1014,48	0,0675	2,2	2,2	0	1,1487	0,0802	7,79330007
910	26,96	2914,68	48835,91	0,0875	1,6708	1200	1016,68	1014,66	1014,48	1012,46	0,0749	2,2	2,2	0,002948843	1,240842563	0,0932	7,61331772
10 Corrégio	85,21	27770,73	76606,64	0,8321	2,5029	1200	1014,66	1005,00	1012,46	1002,8	0,1134	2,2	2,2	0,022796752	1,745239432	0,1786	8,10879614
3B1 3P	72,29	12283,16	12283,16	0,3945	0,3945	600	1042,00	1040,56	1040,4	1038,96	0,0199	1,6	1,6	0,163729413	3,194061846	0,5131	2,79362352
3P3A	71,44	2247,62	25080,16	0,0678	0,4624	600	1040,56	1038,20	1038,96	1036,6	0,0330	1,6	1,6	0,021855404	1,725269063	0,1748	6,06104713
3A3	80,25	2760,11	27840,27	0,0827	0,5451	600	1038,20	1035,79	1036,6	1034,19	0,0300	1,6	1,6	0,027956575	1,84882713	0,1988	6,66783792
3C3P	111,73	10549,38	10549,38	0,3388	0,3388	600	1043,40	1040,56	1041,8	1038,96	0,0254	1,6	1,6	0,124483387	2,888842721	0,437	2,65280212

Fonte: RODRIGUES, 2015.

Figura 36 – Velocidade da Galeria 04.

Galeria 04		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do BL no Terreno (m)			Cotas inf. Galeria (m)				Prof. Galeria (m)						
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Q <sub>loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
BL1 BL2	68	48318,94	48318,94	1,5520	1,5520	400	1020,36	1015,35	1018,36	1013,95	0,0737	1,4	1,4	0,98738929	2069,635351	0,6654	0,03747612
BL2 BL3	43	5205,7	53524,64	0,0819	1,6339	400	1015,35	1013,53	1013,95	1012,19	0,0409	1,4	1,4	0,069909526	2,428393922	0,3256	34,2302146
BL3 BL4	35	2164,37	55689,01	0,0340	1,6679	400	1013,53	1008,68	1012,19	1007,28	0,1403	1,4	1,4	0,015694761	1,586678704	0,1491	53,527679
BL4 BL5	30,6	4025,98	59714,99	0,0633	1,7312	400	1008,68	1008,46	1007,28	1007,06	0,0072	1,4	1,4	0,128935697	2,923225706	0,4455	30,1375452
BL5 BL6	47,6	1151,55	60866,54	0,0181	1,7493	400	1008,46	1004,60	1007,06	1003,2	0,0811	1,4	1,4	0,010978023	1,467505059	0,1287	60,6611737
BL6 BL7	15,6	1647,67	62514,21	0,0259	1,7752	400	1004,60	1003,53	1003,2	1002,13	0,0686	1,4	1,4	0,017075715	1,618363831	0,165	55,8208055
BL7 Corrego	40,8	0	62514,21	0,0000	1,7752	600	1003,53	1002,77	1001,93	1001,17	0,0186	1,6	1,6	0	1,1487	0,0802	34,9529337
BL1 BL2	22,41	5356,09	5356,09	0,1718	0,1718	400	1033,00	1032,20	1031,6	1030,8	0,0357	1,4	1,4	0,156979244	3,14102086	0,4939	2,78250103
BL2 BL3	14,7	1118,88	6474,97	0,0358	0,2075	400	1032,20	1031,10	1030,8	1029,7	0,0748	1,4	1,4	0,022573297	1,74066698	0,1777	6,06681035
BL3 BL4	24,8	795,579	7270,55	0,0254	0,2329	400	1031,10	1027,15	1029,7	1025,75	0,1593	1,4	1,4	0,010988901	1,467789705	0,1287	8,07512607
BL4 Canal	1	1365,71	8636,26	0,0435	0,2764	600	1027,15	1021,15	1025,55	1019,55	6,0000	1,6	1,6	0,001040553	1,18179386	0,0848	5,29028487
BL1 BL2	19,15	2535,2	2535,20	0,0814	0,0814	400	1003,54	1002,01	1002,14	1000,61	0,0799	1,4	1,4	0,049749225	2,196472611	0,2724	1,886966683
BL2 BL3	8,89	403,52	2938,72	0,0129	0,0943	400	1002,01	1001,98	1000,61	1000,58	0,0034	1,4	1,4	0,038295665	2,029836557	0,2362	2,36442703
BL3 Canal	1	3925,34	6864,06	0,1250	0,2194	400	1001,98	1001,30	1001,58	999,9	0,6800	1,4	1,4	0,02618748	1,814390167	0,192	6,15240732

Fonte: RODRIGUES, 2015

Na qual estruturas, somente a Galeria 03 está de acordo com o fator altura/diâmetro e o requisito velocidade, comportando adequadamente a vazão proporcionada, demonstrado na figura abaixo e completo no (Apêndice C).

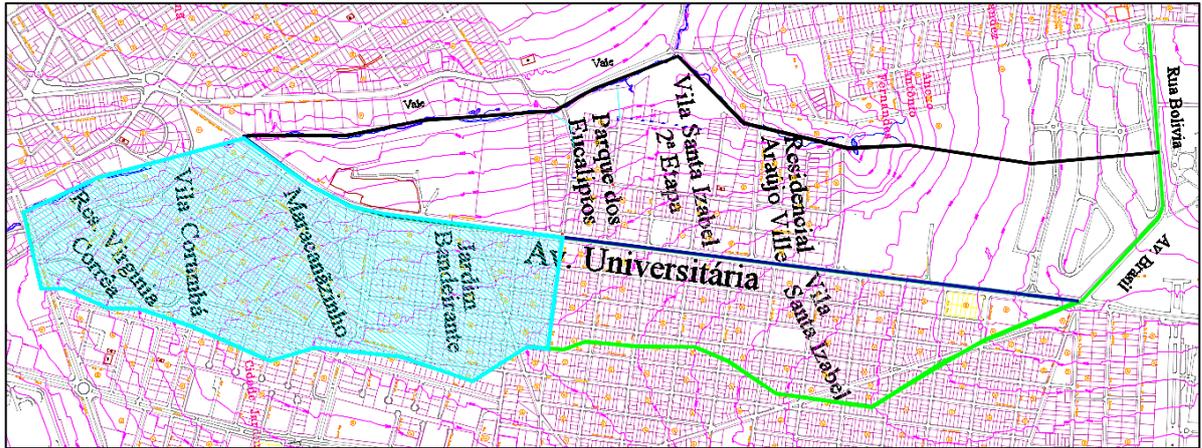
Figura 37 – Velocidade da Galeria 04.

Galeria 03		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)			Cotas inf. Galeria (m)				Prof. Galeria (m)						
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Q <sub>loc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
23	51,8	2617,32	2617,32	0,0841	0,0841	400	1024,40	1021,15	1023	1019,75	0,0627	1,4	1,4	0,057958274	2,298908333	0,2955	1,86089001
38A	42,5	6164,35	13426,91	0,1948	0,2788	1000	1021,15	1017,25	1022,4	1017,6466	0,0918	2	2	0,009644932	1,432181991	0,1228	1,58527765
8A BL	44	4479,89	17906,80	0,1394	0,4182	1000	1017,25	1011,71	1019,15	1013,7989	0,1259	2	2	0,005891907	1,327890157	0,1062	2,56439326
BL Corrego	93,31	7632,93	22386,69	0,2352	0,6534	1000	1011,71	1005,00	1015,25	1012,0859	0,0719	2	2	0,013154091	1,52331335	0,1382	3,49234719
3D 3C	25	0	0,00	0,0000	0,0000	0	1033,00	1032,20	1032	1031,2	0,0320	1	1	0	1,1487	0	0
3C 3B	12	0	0,00	0,0000	0,0000	0	1032,20	1031,10	1031,2	1030,1	0,0917	1	1	0	1,1487	0	0
3B 3A	64	7772,48	7772,48	0,2496	0,2496	1000	1031,10	1027,15	1029,1	1025,15	0,0617	2	2	0,015073466	1,570696497	0,1464	1,29411859
3A 3	69	8192,27	15964,75	0,2556	0,5053	1000	1027,15	1021,15	1025,15	1019,15	0,0870	2	2	0,013003642	1,51952717	0,1375	2,70748164

Fonte: RODRIGUES, 2015

O motivo com maior significância, ocorre pela não existência de rede, sendo demarcada pela cor azul na (Figura 38), pois encontra-se com um grande perímetro sem conter alguma estrutura significativa, compreendendo uma área de 0,41 Km<sup>2</sup>, contando somente pela antiga rede existente na Avenida, próximo ao Córrego.

Figura 38 – Área sem drenagem



Fonte: RODRIGUES, 2015

Com isto, a área de contribuição que é lançada na avenida encontra-se com uma parcela pequena contendo drenagem, acerca de 0,23 Km<sup>2</sup>, restando um maior espaço sem haver a presença significativa do mesmo. Nesta região é localizado o ponto mais crítico da Avenida, pois sem conter rede pluvial resulta no escoamento direto para a mesma, proporcionando o alagamento da região.

## **4 PROJETO DE MELHORIAS DO SISTEMA**

Com os devidos problemas encontrados na rede, dificultando a funcionalidade do sistema de drenagem, é compreensível a admissão de alternativas que venham reverter esta situação, as quais proporcionarão um conforto à população que utiliza a Avenida Universitária.

Em virtude da quantidade de patologias encontradas, ocorrendo em pontos diferentes de formas distintas, será necessário dividi-las em etapas, partindo das patologias simples até o alcance das complexas.

Primeiramente, será efetivada uma manutenção nos elementos que estão danificados ou sofreram medidas que comprometam seu funcionamento, como é o caso das Bocas de Lobo.

Em seguida, será realizada uma readequação e ampliação das galerias já existentes, modificando itens que influenciam diretamente no pleno desempenho da rede, que por sua vez estão fora dos parâmetros normativos.

Por último, ocorrerá uma implantação de duas galerias pluviais, compreendendo o espaço onde não contém rede, para resultar-se em uma melhor captação das águas da chuva, resolvendo a formação de acúmulos de água na Avenida.

### **4.1 MANUTENÇÃO**

O processo de manutenção ocorrerá unicamente nas Bocas de Lobo, na qual apresentam danificações e obstruções que impedem a sua funcionalidade adequada. Por sua vez seriam submetidas a medidas de correção, tais como:

- a) Colocação de tampas;
- b) Limpeza das Bocas de Lobo entupidas;
- c) Refazer as sarjetas obstruídas pelo asfalto.

Com isto, previnem-se acidentes com as bocas de lobo abertas, além de aumentar a captação das águas das chuvas, colocando-as em plena funcionalidade.

## 4.2 READEQUAÇÃO

Em virtude dos vários elementos estarem fora dos parâmetros atuais demonstrados nas patologias, ocorrerá uma reestruturação das redes para coincidir com as recomendações. Isso proporcionará um funcionamento adequado das geleiras, evitando transtornos à população.

### 4.2.1 Parâmetros de Projeto

Em consequência da necessidade na reestruturação das galerias existentes, será de fundamental importância estabelecer parâmetros a serem seguidos e também utilizados na avaliação da mesma. Dessa forma, será seguido o procedimento adotado pela NeCESA, (2007).

O primeiro item a ser considerado é o tempo necessário para que uma gotícula de água da chuva atinja o Poço de Visita o “ $t_c$ ”, onde adotará o valor de 5 min, conforme descrito por AZEVEDO NETTO e ARAÚJO (1998).

O período de retorno seguirá as orientações do DER-GO e DEE/CETESB (1980), avaliado em 5 anos, devido a bueiros de grota e drenagem superficial, além de estar em área de comércio e utilizando da microdrenagem.

O coeficiente de escoamento superficial “ $C$ ”, onde é considerada a relação do volume do escoamento superficial com o valor precipitado, foi estabelecido por WILKEN (1978) para edificação não muito densa com partes adjacentes do centro, orientando utilizar entre 0,60 a 0,70. Em média será utilizado o valor de 0,65, devido à quantidade de habitações.

A intensidade das precipitações é estabelecida através da equação da chuva, onde utilizamos as coordenadas geográficas. Assim, com os parâmetros de Anápolis, onde B:

0,92278, C: 20,91 e B1: 42,4964, obtivemos o valor máximo de precipitação para uma determinada área, devido à fórmula abaixo:

$$i = \frac{42,4964 * (T^{0,1471} + T^{0,22})^{0,6274}}{(t_c + 20,91)^{0,92278}} \quad (3)$$

Onde:

i: Intensidade máxima da chuva (mm/min);

T: período de retorno (ano);

tc: duração (min).

O método utilizado para transformar chuva em vazão, consiste na fórmula racional, por sua vez não ultrapassando áreas maiores que 3 km<sup>2</sup>, na qual pode ser determinada pela equação abaixo.

$$Q = C * i * A \quad (4)$$

Onde:

Q: Vazão (volume/tempo);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i: Intensidade da chuva (comprimento/tempo);

A: Área da bacia contribuinte (comprimento<sup>2</sup>).

Correção da relação “h/D”, devido aos valores que estiverem fora da faixa de 0,1 (10%) a 0,85 (85%), deverão ser substituídos pelos resultados encontrados nas fórmulas abaixo, com intuito na regularização da velocidade, determinando novas cotas na altura da rede.

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - 2 * \frac{h}{D} \right) \quad (5)$$

Onde:

$\theta$ : Ângulo central (rad);

h: Altura da lâmina da água;

D: Diâmetro.

$$k = 0,0496062^{-\frac{2}{3}}(\theta - \text{sem}\theta)^{\frac{5}{3}} \quad (6)$$

Onde:

k: Constante;

$\theta$ : Ângulo central (rad).

$$C_{im} = C_{ij} + (Sg * L) \quad (7)$$

$$C_{ij} = C_{im} - (Sg * L) \quad (8)$$

Onde:

$C_{im}$ : Cota inferior da galeria a montante (m);

$C_{ij}$ : Cota inferior da galeria a jusante (m);

Sg: Declividade (m/m);

L: Extensão da galeria (m).

#### 4.2.2 Alterações nas Galerias

O primeiro item modificado será em relação às distancias existentes entre os Poços de Visitas e as Bocas de Lobo, onde serão efetivados nos pontos que estão excedendo os valores determinado pela norma, que compreende a distância máxima de 100 m, para PVs e 60 m,

para BL. Dessa maneira, ocorrerá a implantação de cinco novos PVs na rede, permitindo aproximação das BL e estabelecendo coerência com as recomendações, as quais serão demonstradas (Figura 41).

O segundo ponto que será modificado é em relação aos ramais que interligam os Poços de Visita e que em determinadas localidades apresentam-se virados de direção sem conter os mesmos, no qual será colocados como determinam as recomendações no DNIT, incluindo mais dois PVs.

Devido à autoincidência no volume de água acumulado na Avenida Universitária, será necessária a ampliação da rede na Avenida Universitária, na qual a água será captada no seu montante, evitando a formação das enxurradas e acúmulo em sua jusante. Com isto serão efetivados novos 417,5 m de rede, contendo 8 Poços de Visita e 15 Bocas de Lobo, os quais interligarão com a Galeria 01, demonstrada na Figura 41, e calculada no Apêndice E.

A quarta alteração compreende a substituição da Galeria 04 por uma nova rede, devido exceder a maioria dos limites de velocidade orientados e a relação “ $h/D$ ”, além de não conter Poços de Visitas. Com a ampliação a rede irá abranger maiores valores de captação e vazão da água, além de estar dentro das recomendações, sendo constituída por 848,2 m, 17 PVs e 33 BL, demonstrado na Figura 41, e calculado no Apêndice G.

Outra medida que será adotada consiste na remoção de uma rede onde proporcionará uma ligação de duas galerias, na qual a Galeria 02 faz disposição na Galeria 03, mas havendo a sua própria passagem. Tal providencia evitará a saturação da submetida, além de ficar de acordo com as normas, constatado na Figura 41.

Outra modificação ocorrerá em relação à velocidade de escoamento nas galerias, as quais estão excedendo os valores orientados. Com o efeito regularizador desta patologia, será feita uma mudança no diâmetro das tubulações, com intuito de reduzir o custo final da obra, mas ressaltando que também poderia ser realizada a correção da velocidade entre 0,75 a 5 m/s, mantendo ou reduzindo os diâmetros.

Com o aumento no diâmetro da tubulação, alguns trechos nas galerias estavam defasados na relação “ $h/D$ ”, onde foram submetidos a correção, descrita no tópico 5.2.1. Com isto, novas cotas foram instauradas, conforme verificado nas Figuras 39, 40 e nos Apêndices E, F.

Galeria 01		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)				Cotas inf. Galeria (m)		Prof. Galeria (m)							
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Qloc (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
12	61	2719,68	2719,68	0,0874	0,0874	600	1069,65	1067,50	1068,05	1065,9	0,0352	1,6	1,6	0,02253436	1,635275061	0,1362	1,07651681
2 3	63,7	2032,17	4751,85	0,0632	0,1505	600	1067,50	1065,80	1065,9	1064,2	0,0267	1,6	1,6	0,022642031	1,741981918	0,178	1,354092225
3 4	2,1	4038,23	8730,08	0,1232	0,2737	600	1065,80	1065,50	1064,2	1063,9	0,1423	1,6	1,6	0,019090808	1,664584935	0,1634	3,71879325
4 5	54,4	1686,12	10476,20	0,0514	0,3251	600	1065,50	1064,20	1063,9	1062,6	0,0239	1,6	1,6	0,019483315	1,673389748	0,165	4,39422358
5 6	58,2	1713,8	12190,00	0,0519	0,3770	800	1064,20	1062,80	1062,4	1061	0,0241	1,8	1,8	0,009101825	1,417537706	0,1204	3,38371773
6 7	71,5	2311,5	15101,50	0,0873	0,4644	800	1062,80	1061,30	1061	1059,5	0,0210	1,8	1,8	0,016400461	1,602486003	0,1521	3,68660247
7 8	72,8	2806,18	17707,68	0,0774	0,5417	800	1061,30	1060,30	1059,5	1058,5	0,0137	1,8	1,8	0,017950874	1,638649259	0,1586	4,2058248
8 N1	54,7	2181,44	42144,11	0,0641	0,6053	1000	1060,30	1058,17	1058,3	1056,17	0,0389	2	2	0,004875962	1,296379847	0,1017	3,79941163
N1 9	54,7	6062,54	46025,21	0,1763	0,7828	1000	1058,17	1056,00	1056,17	1054	0,0397	2	2	0,01332211	1,527523205	0,1389	4,17234534
9 N2	53,7	1574,36	47600,19	0,0456	0,8284	1200	1056,00	1054,37	1053,8	1052,17	0,0152	2,2	2,2	0,061996971	1,287002218	0,1	3,63346163
N2 10	53,7	5821,11	53421,30	0,1674	0,9958	1200	1054,37	1052,50	1052,17	1050,3	0,0348	2,2	2,2	0,00827285	1,394897429	0,1168	4,0363377
10 11	60,7	5002,02	88354,68	0,1428	1,1386	1200	1052,50	1050,30	1050,3	1048,1	0,0362	2,2	2,2	0,006199607	1,357178287	0,1108	4,74348596
11 12	19,5	0	88354,68	0,0000	1,1386	1200	1050,30	1050,00	1048,1	1047,8	0,0287	2,2	2,2	0,061996971	1,287002218	0,1	5,00213332
12 N3	57	6555,54	148114,69	0,1855	1,3241	1500	1050,00	1047,63	1047,5	1045,13	0,0416	2,5	2,5	0,004623433	1,29134166	0,1006	3,71164573
N3 13	33	0	148114,69	0,0000	1,3241	1500	1047,63	1045,50	1045,13	1043	0,0118	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,72306951
13 N4	76,4	0	148114,69	0,0000	1,3241	1500	1045,50	1039,63	1043	1037,13	0,0118	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,72306951
N4 N5	78,5	0	148114,69	0,0000	1,3241	1500	1039,63	1033,00	1037,13	1030,5	0,0118	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,72306951
N5 N6	73,6	0	148114,69	0,0000	1,3241	1500	1033,00	1022,55	1030,5	1020,05	0,0118	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,72306951
N6 N7	73,3	0	148114,69	0,0000	1,3241	1500	1022,55	1018,24	1020,05	1015,74	0,0118	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,72306951
N7 Correção	93,14	15701,28	163815,97	0,4215	1,7456	1500	1018,24	1014,81	1015,74	1012,31	0,0205	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,90817881
8b 8a	52,3	18002,8	18002,8	0,5782	0,5782	800	1065,20	1062,90	1063,4	1061,1	0,0440	1,8	1,8	0,07495214	2,479034521	0,3374	2,96744507
8a 8	60,1	4252,19	22254,99	0,1289	0,7072	1000	1062,90	1060,30	1060,9	1058,3	0,0433	2	2	0,003297919	1,422842285	0,1213	4,0467228
10b 10a	56,5	27781,13	27781,13	0,8923	0,8923	800	1055,97	1054,50	1054,17	1052,7	0,0260	1,8	1,8	0,15045417	3,090066467	0,4871	3,67371921
10a 10	73,5	2150,23	29331,36	0,0684	0,9608	1200	1054,50	1052,50	1052,3	1050,3	0,0204	2,2	2,2	0,061996971	1,287002218	0,1	4,22094182

Fonte: RODRIGUES, 2015

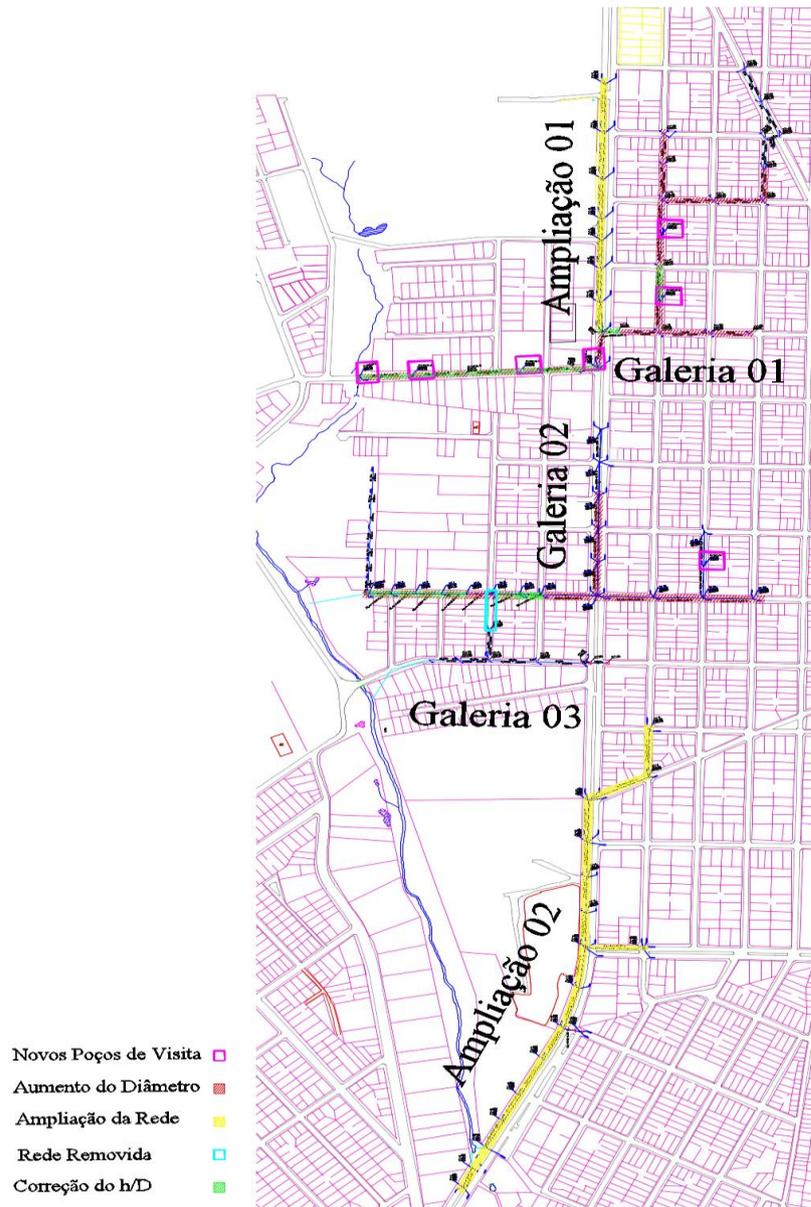
Ampliação 01		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)				Cotas inf. Galeria (m)		Prof. Galeria (m)							
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Qloc (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
0 1	81,5	27514,49	27514,49	0,8838	0,8838	600	1068,15	1065,35	1066,55	1063,75	0,0344	1,6	1,6	0,272627235	4,131296849	0,7375	4,83808472
1 2	76	2520,5	30034,99	0,0802	0,9639	1200	1065,35	1060,4	1063,15	1058,2	0,0206	2,2	2,2	0,061996971	1,287002218	0,1	4,23478948
2 3	66	6557,56	36592,55	0,2064	1,1703	1200	1060,4	1058,64	1058,2	1056,44	0,0267	2,2	2,2	0,01657351	1,48570686	0,1316	4,45540332
3 4	34,3	5199,34	41791,89	0,1622	1,3325	1500	1058,64	1055,82	1056,14	1053,32	0,0120	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,74665987
4 5	47,3	1849,58	43641,47	0,0574	1,3899	1500	1055,82	1053,15	1053,32	1050,65	0,0130	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,80806287
5 6	55	2980,47	46621,34	0,0919	1,4818	1500	1053,15	1051,18	1050,65	1048,68	0,0148	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,16640772
6 12	50	6582,53	53204,47	0,2014	1,6832	1500	1051,18	1050	1048,68	1047,5	0,0191	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,73268973

Figura 40 – Regularização da h/D, Galeria 02.

Galeria 02		Área (m <sup>2</sup> )		Cota do PV no Terreno (m)				Cotas inf. Galeria (m)		Prof. Galeria (m)							
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Total	Qloc (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Sg (m/m)	Montante	Jusante	k	θ (rad)	h/D	V (m/s)
01	55	8671,3	8671,30	0,2785	0,2785	600	1044,61	1042,73	1043,01	1041,13	0,0342	1,6	1,6	0,088235908	2,538893459	0,368	2,42380779
11A	57	7058,54	15729,84	0,2237	0,5022	600	1042,73	1041,00	1041,13	1039,4	0,0304	1,6	1,6	0,075210874	2,481129475	0,3379	4,57805653
1A 2	57	2639,95	18429,79	0,0850	0,5872	1000	1041,00	1039,30	1039	1037,3	0,0298	2	2	0,007378573	1,370077947	0,1128	3,48946922
2 2A	57	3629,14	22058,93	0,1131	0,7003	1000	1039,30	1037,87	1037,3	1035,87	0,0251	2	2	0,010712231	1,460532215	0,1275	3,90394231
2A 3	57	5097,37	27156,30	0,1576	0,8578	1000	1037,87	1035,79	1035,87	1033,79	0,0365	2	2	0,012371773	1,503509454	0,1348	4,64557633
3 4	80,37	7375,55	64789,60	0,2264	1,0842	1200	1035,79	1032,05	1033,59	1029,85	0,0462	2,2	2,2	0,009716309	1,434116686	0,1231	4,2747971
4 4A	30,4	2591,73	67381,33	0,0787	1,1629	1500	1032,05	1030,42	1029,55	1027,92	0,0091	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,2693058
4A 5	35,72	627,7	68009,03	0,0190	1,1819	1500	1030,42	1027,93	1027,92	1025,43	0,0094	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	3,32322967
5 6	35,86	10369,46	78378,49	0,3114	1,4933	1500	1027,93	1024,83	1025,43	1022,33	0,0864	2,5	2,5	0,005388966	1,313351071	0,104	4,11468071
6 7	35,86	0	78378,49	0,0000	1,4933	1500	1024,83	1021,75	1022,33	1019,25	0,0150	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,1889008
7 8	36,3	2755,99	81134,48	0,0820	1,5753	1500	1021,75	1019,13	1019,25	1016,63	0,0167	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,42944126
8 9	36,3	0	81134,48	0,0000	1,5753	1500	1019,13	1016,68	1016,63	1014,18	0,0167	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,42944126
9 10	26,96	2914,68	84049,16	0,0859	1,6613	1500	1016,68	1014,66	1014,18	1012,16	0,0186	2,5	2,5	0,061996971	1,287002218	0,1	4,67109358
10 Correção	85,21	27770,73	111819,89	0,8163	2,4776	2000	1014,66	1005,00	1011,66	1002	0,1194	3	3	0,005727439	1,323150701	0,1055	3,81152288
3B1 3P	72,29	12283,16	12283,16	0,3945	0,3945	600	1042,00	1040,56	1040,4	1038,96	0,0199	1,6	1,6	0,163729413	3,194061846	0,5131	2,79362352
3P 3A	71,44	2247,62	27497,64	0,0678	0,4624	800	1040,56	1038,20	1038,76	1036,4	0,0330	1,8	1,8	0,010146197	1,445620271	0,125	4,06886389
3A 3	80,25	2760,11	30257,75	0,0824	0,5448	800	1038,20	1035,79	1036,4	1033,99	0,0300	1,8	1,8	0,0123971	1,51786965	0,1372	4,56614939
3C N1	56,2	10549,38	10549,38	0,3388	0,3388	600	1043,40	1042,01	1041,8	1040,41	0,0247	1,6	1,6	0,126196242	2,902072619	0,4403	2,64070841
N1 3P	52,2	2417,48	12966,86	0,0767	0,4155	800	1042,01	1040,56	1040,21	1038,76	0,0278	1,8	1,8	0,01251278	1,507002283	0,1354	3,50758871

Fonte: RODRIGUES, 2015

Figura 41 – Readequação das Galerias



Fonte: RODRIGUES, 2015

### 4.3 AMPLIAÇÃO DAS GALERIAS

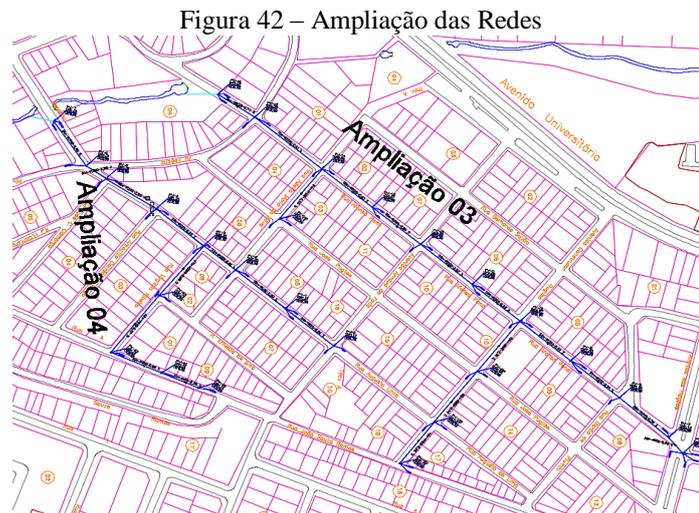
Em virtude das galerias de água pluviais estarem localizadas apenas em uma pequena parte da área de contribuição da Avenida, e como a maioria desta região não contém nenhum tipo de estruturação, ela acaba sendo drenada. Por consequência disto, uma maneira para aumentar a captação das águas das chuvas evitando a geração de acúmulos em sua superfície, a qual será proposta, é a implantação de duas galerias nesta região.

Este projeto visa aplicar os conceitos sobre Drenagem Urbana, que especificam que as conduções das precipitações sejam deslocadas para outro lugar longe dos locais de produção o mais rápido possível, de forma que se evite o acúmulo em sua jusante, além de seguir as orientações das normativas do DNIT (2006).

Para a determinação do traçado das redes, foram levados em consideração os elementos topográficos existentes da região, que caracteriza-se por uma superfície declinada, sendo côncava em sua jusante. Dessa maneira, a partir das curvas de nível, foram adotadas as melhores opções a serem estabelecidas.

Outro fator designa-se pela disposição das galerias no Córrego, onde optamos por ocorrer depois do Bueiro Celular, uma forma de evitar o depósito de três galerias no mesmo local, além da própria contribuição do córrego João Cezário, uma maneira de prevenir alagamentos na região, devido ao auto-volume de água captada.

A implantação dessas redes como determinado na Figura 42 e calculado nos Apêndices H, I, ocorrerá de modo que minimize a incidência de água na Avenida, onde está localizado o ponto com maior gravidade, além de prevenir problemas futuros.



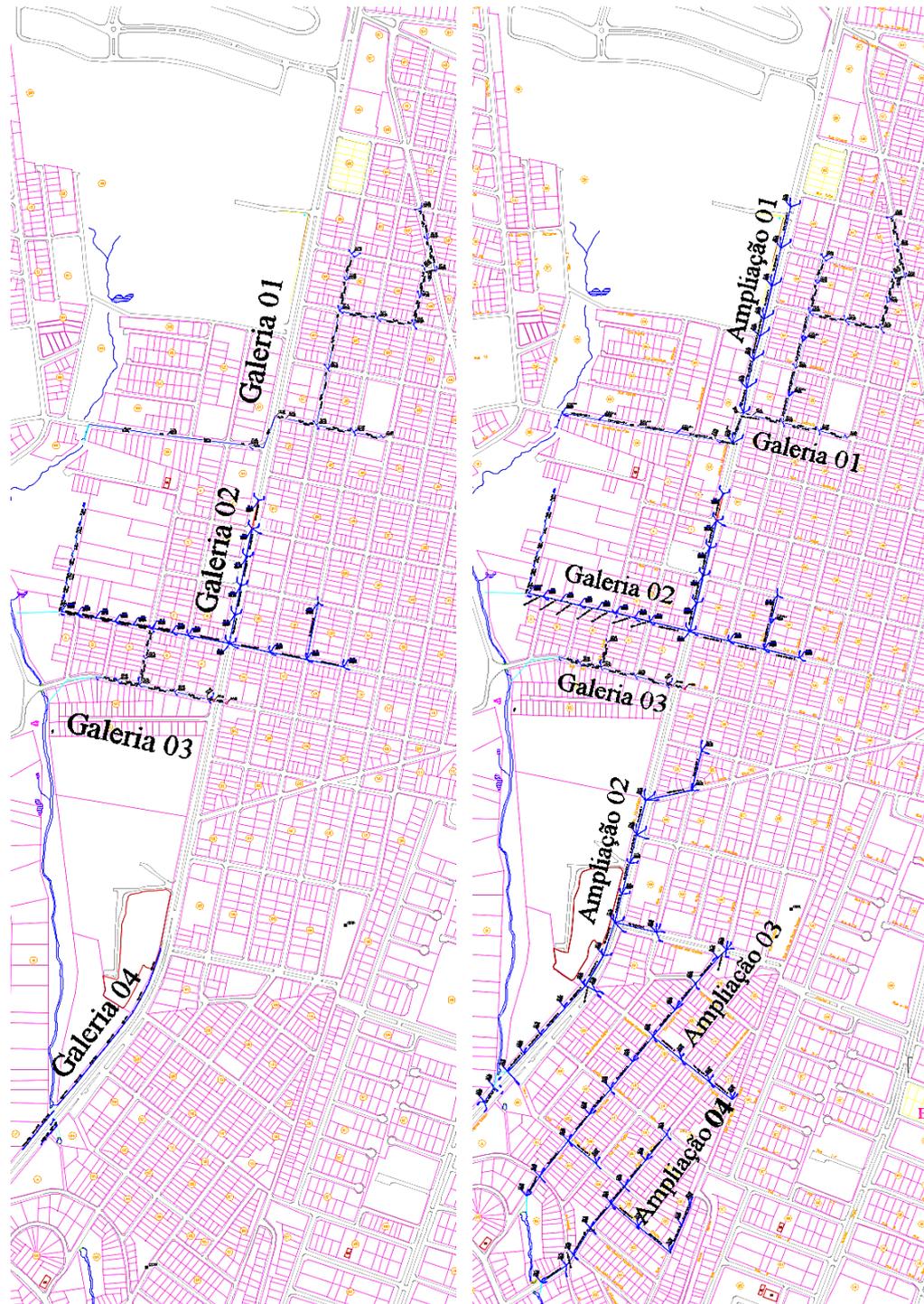
Fonte: RODRIGUES, 2015

Dessa forma, com novas redes estabelecidas, compreender-se-á uma maior área de captação das precipitações, compreendendo 0,18 km<sup>2</sup>, de acordo com os parâmetros estabelecidos. Desta forma, em relação a sua estrutura, na Ampliação 03, foram estabelecidos 734,62 m de rede, contendo 15 PVs e 65 BLs, e na Ampliação 04, compreendeu-se 618 m de extensão, com 12 PVs e 49 BLs.

## **5 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Conforme as alterações estabelecidas, devido regularização das bocas de lobo, poços de visita, aumento no diâmetro da tubulação, correção da velocidade com  $h/D$ , retirada da rede e as devidas ampliações, os resultados obtidos na estrutura evidenciam-se na figura abaixo e no Apêndice J.

Figura 43 – Galeria Atual x Alterações Realizadas



Fonte: RODRIGUES, 2015

Desta maneira, as modificações apresentadas, comparando-se com a situação que se encontra a atual avenida, trouxeram grandes alterações em virtude de comportar toda a área, contribuição que incide sobre a Universitária.

Com isto, houve alteração nos diâmetros da rede atual, sendo adotadas também nas ampliações, passando de 400 a 1200 mm para 400 a 2000 mm, comportando uma maior quantidade de água captada.

Devido ao estabelecimento de novas redes, ocorreu um aumento na extensão da avenida, de 1,83 Km, para 4,37 Km, a qual estará abrangendo maiores áreas de contribuição, com a captação de 0,64 Km<sup>2</sup>, sendo que na atual é de 0,37 Km<sup>2</sup>.

Conseqüentemente, devido às modificações, houve uma maior quantidade de Bocas de Lobo, pois onde atualmente estabelecem-se 154, com 43 isoladas e 111 em conjunto, com a regularização estabeleceram-se 405, considerando-se todas em conjunto, cujas comparações estão especificadas no quadro abaixo:

Quadro 02 – Galeria atual x Alterações realizadas

	Atual	Regularizada
Área Captada (Km <sup>2</sup> )	0,37	0,64
Diâmetro (mm)	400 a 1200	400 a 2000
Extensão da rede (Km)	3,2	5,3
Poços de Visita	43	95
Bocas de Lobo	154	405

Fonte: RODRIGUES, 2015

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É preocupante os prejuízos causados pelas inundações na Avenida Universitária, decorrente da ocupação desordenada do espaço urbano, que transforma o solo em impermeável, ocasionando no aumento do volume da água escoado superficialmente,

deslocando-o para a jusante, sendo assim propício inundar, um problema que vem se arrastando sucessivamente por anos.

Uma análise das redes de drenagem que se configuram atualmente foi a proposta deste projeto para a abordagem do tema, visando analisar o motivo que proporcionam os acontecimentos que geram as inundações na Avenida. Com isto, constataram-se patologias que impossibilitavam o funcionamento adequado das galerias, onde foram verificados de acordo com as regulamentações vigentes.

Tendo em vista essa análise, com o intuito de regularização destas, foram estabelecidas mudanças na estrutura existente para perpetuar a eficiência, ocasionando na realização da manutenção dos elementos fragmentados, na modificação dos diâmetros nos ramais, juntamente com alteração dos níveis da rede, a implantação de poços de visita e bocas de lobo, porventura a mais significativa, devido à ampliação e estabelecimento de novas galerias.

Com base nos resultados expostos durante o estudo, é possível apontar que as alterações aqui apresentadas e propostas em torno desta área resultaram em uma redução do problema, atuando como uma solução provisória em virtude dos crescentes nos níveis de chuva, pois abrange uma maior área de contribuição captada pelas galerias, onde foram estabelecidas principalmente na Avenida Universitária, com intuito na prevenção das gerações de enxurradas e conseqüentemente inundações.

Portanto, torna-se inevitável a implantação de tais medidas que venham proporcionar um controle desta situação, visando alcançar um aumento na qualidade de vida da população, evitando transtornos e preocupações para quem utiliza a avenida nos dias de intensas precipitações.

## REFERÊNCIAS

ACCA. Enchentes e Inundações, **Zana de Risco**, 29 jun. 2014. Disponível em: <<http://zonaderisco.blogspot.com.br/2014/06/enchentes-e-inundacoes.html>>. Acesso em: 04 maio 2015.

ANA, **Ciclo Hidrológico**. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/Video.aspx?id\\_video=83](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/Video.aspx?id_video=83)>. Acesso em: 02 abr. 2015.

AUGUSTO, Fábio. Enchentes e Inundação. **Geologia Ambiental**, IGCE, 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco15.html>>. Acesso em: 04 maio 2015.

AZEVEDO NETTO, R. e ARAUJO, R. A. E. **Manual de hidráulica**. 8ª Edição Atualizada. Editora Edgard Blucher. São Paulo, 1998.

BERTONI, C e TUCCI, M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. Ed. 4ª reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

CALVACANTE, Luana. **Audiência Publica debate Plano Municipal De Drenagem Urbana**. Anápolis, 13 jan. 2015, 12:11. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/search/Drenagem/ver/audiaoncia-paoblica-debate-plano-municipal-de-drenagem-urbana>>. Acessado em: 07 maio 2015.

CARVALHO, C. **Aprova Cpmcurso**. Questões. Brasil, 2011. Disponível em: <<https://www.aprovaconcursos.com.br/questoes-de-concurso/questoes/questao-id/228685/area-atuacao/Outras>>. Acesso em: 8 outubro de 2015.

CARVALHO, Daniel, MELLO, Jorge, e SILVA, L. J. L. M. **Irrigação e Drenagem**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acessado em: 26 mar. 2015.

CHOW, Vent, t. **Hondbook of applied hydrology**. New York: McGraw-hill Co, book Inc., 1956.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**. 2. ed. DAEE/CETESB. São Paulo, 1980. 486p.

DAROS, E. J. **Moderação e Ordenação do Trânsito Urbano**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.pedestre.org.br/downloads/MODERACaO%20E%20ORDENACaO%20DO%20TRANSITO%20URBANO.pdf>>. Acesso em: 21 outubro de 2015.

DER – GO. **Instruções de Serviço para estudos hidrológicos**, IS-04, 4 p, 2006.

DNIT. **Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem**, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

FEAM. **Orientação Básica para drenagem Urbana**. Belo Horizonte, 2006. 32p.

FERNANDES, Carlos. **Chuvas**. Campina Grande, 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren02.html>>. Acesso em: 5 maio 2015.

FERNANDES, Carlos. **Chuvas**. Campina Grande, 2009. Disponível em: <[http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES08\\_01.html](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES08_01.html)>. Acesso em: 5 maio 2015.

FREITAS, Eduardo de. Precipitação. **Brasil Escola**, Goiânia. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/chuvas-precipitacoes.htm>>. Acesso em: 03 abril 2015.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3ª Ed. Brasília, Ascom/Presi/Funasa/MS. 2004.

Google Maps. **GOOGLE**, 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/An%C3%A1polis,+GO/@-16.3019239,-48.9481481,15.25z/data=!4m2!3m1!1s0x935ea462bcef4687:0xcffa52b54537af5a>> . Acesso em: 20 agosto 2015.

GIANSANTI, Roberto. **Série sobre a água – O caminho da água**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.gentequeeduca.org.br/planos-de-aula/serie-sobre-agua-o-caminho-da-agua>>. Acesso em: 6 maio 2015.

HOLTZ, Tatiti, C. **Hidrologia Básica**. 13. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2011.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Brasil. 2000.

LEJES OLIVEIRA. **Empresa de Construção**. Catalão. Disponível em: <<https://plus.google.com/+LajesOliveiraCatal%C3%A3o/about>>. Acesso em: 5 maio 2015.

LOPES, Mirela. **Caracterização Geológica-Geotécnica Profundidade até determinar N. A. Mínimo até 6 m**. 2014. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/289245/>>. Acesso em: 6 maio 2015.

MARINHO, C. S. Ticiania. **Precipitações**. Fortaleza, 2014. Disponível em: <[http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila\\_Hidrologia\\_grad/Cap\\_5\\_precipitacao\\_2004.pdf](http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_5_precipitacao_2004.pdf)>. Acesso em: 23 abril 2015.

MARTINS, Augusto. **Hidrologia Básica**. 13. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2011.

MARTINS, Sílvia. SEBIN, Híbari. WILIK, Mayla e BERTAZI, Marcio. **Roteiro Visita**. São Paulo, DCC/USP, 2009.

MATOS, D. **Tv Anhanguera**. População reclama dos constantes alagamentos na Avenida Universitária, em Anápolis. Brasil, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/bom-dia-tocantins/videos/v/populacao-reclama-dos-constantos-alagamentos-na-avenida-universitaria-em-anapolis/3147312/>>. Acesso em: 20 outubro de 2015.

Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acessado em: 03 abril 2015.

MIRANDA, Ângelo T. **Urbanização do Brasil: Consequência e Características das Cidades Geografia**. São Paulo, 30 jun. 2006. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm>>. Acesso em: 05 maio 2015.

MundoGeo. **Estudo Comparativo dos Escoamentos Superficiais na Calha do Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte – Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2010/08/12/estudo-comparativo-dos-escoamentos-superficiais-na-calha-do-ribeirao-arrudas-em-belo-horizonte-minas-gerais/>>. Acesso em: 5 maio 2015.

NeCESA. **Curso Básico de Hidrologia Urbana**. Nível 3. Brasília, 2007.

NETO, Cardoso. **Sistema Urbano de Drenagem**. São Paulo, 2004. Disponível em <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2015, 14:46:02.

PHILIPPI, JR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente**. São Paulo. Manole, 2005.

PINTO, Sousa. **Hidrologia Básica**. 13. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2011.

PMG. **Drenagem Pluvial Urbana: Memorial Justificativo**. Anexo IV. Goiânia, 2005. 11p.

PORTO, Rubens, ZUHED, Kamel, TUCCI, Carlos e BIDONE, Francisco. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. Ed. 4ª reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

REBOB. Pluviosidade. **Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas**, Brasil, 24 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.rebob.org.br/#!Pluviosidade/c18s8/i42oc151203>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

ROBERTO. M, **Chuvas Convectivas ou de convecção. A chuva acontece no mesmo lugar da evaporação**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.mentirasverissimas.com/2013/05/chuvas-convectivas-de-conveccao-acontece-mesmo-lugar-evaporacao-verao.html>>. Acesso em: 4 maio de 2015.

RODRIGUES, Álvaro S. **Enchentes: Pátios, Estacionamento, Pavimentos Drenantes**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2011/11/09/enchentes-patios-estacionamentos-pavimentos-drenantes-artigo-de-alvaro-rodrigues-dos-santos/>>. Acesso em: 6 maio 2015.

ROSSI, C. **Mega Arquivo**. De novo não!. Brasil, 2013. Disponível em: <<http://megaarquivo.com/tag/cidades/page/3/>>. Acesso em : 8 outubro de 2015.

RUSSO, Carolina. **Hidrologia**. São Paulo: Universidade de Santo Amaro, 2013.

SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. Ed. 4ª reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

SILVEIRA, A. L. L. **Drenagem Urbana – Aspecto de Gestão**. Porto Alegre, UGRGS. 2002.

SILVEIRA, L e LOUZADA, A e BELTRAME, L. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. Ed. 4ª reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

SMDU. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**. São Paulo, SMDU. 2012.

SOUZA, Ferraz C. e DAMÁSIO, Pilla C. **Os primórdios do Urbanismo Moderno. Porto Alegre na administração Otávio Rocha.** Porto Alegre, UFRCS. 1993.

TUCCI, E, M, C. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 4. Ed. 4ª reimp. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

TUCCI, E. M. C. (org.). **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 3 ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943p

TUCCI, E. M. C. **Água no meio Urbano.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. Disponível em: <[http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanomeio%20urbano.pdf](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanomeio%20urbano.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2015.

TUCCI, E. M. C. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1998.

TUCCI. E. M. C. **Água no meio urbano.** Rio Grande do Sul. UFRGS, 1997.

TUCCI. E. M. C. **Água urbanas.** Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>>. Acesso em: 6 maio 2015.

Universidade de Algarve. **Os rios e seus afluentes: uma rede organizada.** Portugal, 2009. Disponível em: <<http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo8/rio1.htm>>. Acesso em: 4 maio 2015.

VERÓL, Aline. **Na sarjeta.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://aquafluxus.com.br/?p=3627>>. Acesso em: 7 maio 2015.

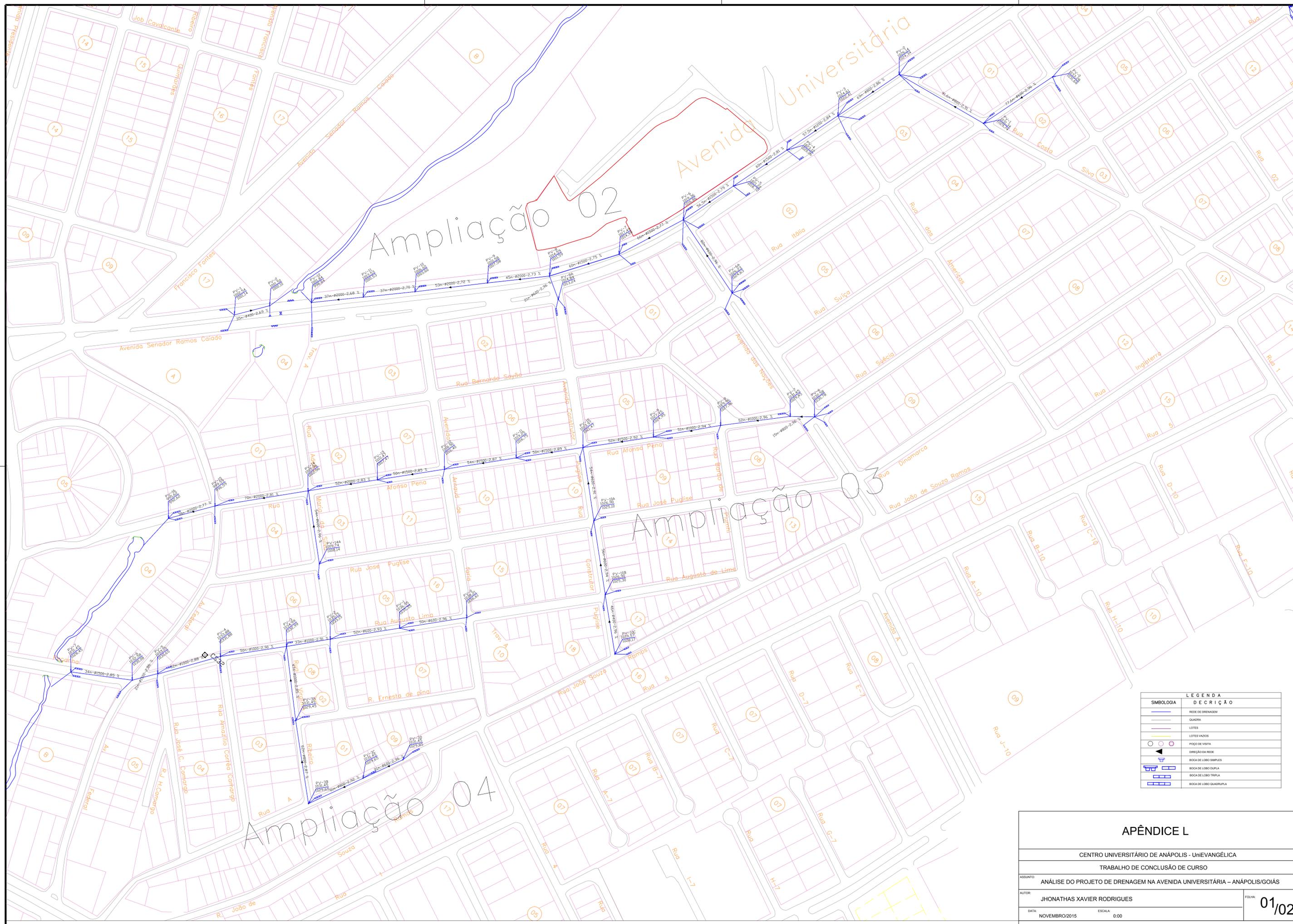
VILLELA, Marcodes e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Wilken, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial.** CETESB. São Paulo, 1978. 477p.



LEGENDA	
SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
	REDE DE DRENAGEM
	QUADRA
	LOTES
	LOTES VAZIOS
	POÇO DE VISITA
	DIREÇÃO DA REDE
	BOCA DE LODO SIMPLES
	BOCA DE LODO DUPLA
	BOCA DE LODO TRIPLA
	BOCA DE LODO QUADRUPLA

<b>APÊNDICE J</b>	
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS - UNIEVANGÉLICA	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
ASSUNTO:	ANÁLISE DO PROJETO DE DRENAGEM NA AVENIDA UNIVERSITÁRIA – ANÁPOLIS/GOIÁS
AUTOR:	JHONATHAS XAVIER RODRIGUES
DATA:	NOVEMBRO/2015
ESCALA:	0,00
FOLHA 02/02	



LEGENDA	
SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
	REDE DE DRENAGEM
	QUADRA
	LOTES
	LOTES VAZIOS
	POÇO DE VISITA
	DIREÇÃO DA REDE
	BOCA DE LORO SIMPLES
	BOCA DE LORO DUPLA
	BOCA DE LORO TRÍPLA
	BOCA DE LORO QUADRÍPLA

APÊNDICE L

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS - UniEVANGÉLICA	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
ASSUNTO: ANÁLISE DO PROJETO DE DRENAGEM NA AVENIDA UNIVERSITÁRIA – ANÁPOLIS/GOIÁS	
AUTOR: JHONATHAS XAVIER RODRIGUES	
DATA: NOVEMBRO/2015	ESCALA: 0,00
FOLHA 01/02	