

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

MATHEUS FERREIRA OLIVEIRA

DENER MÁRCIO DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE DRENAGEM EM VIAS URBANAS ESTUDO DE CASO (AV. ISABEL
VIEIRA DE PIEDADE DE CTGA-MG)**

CARATINGA

2017

MATHEUS FERREIRA OLIVEIRA

DENER MARCIO DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE DRENAGEM EM VIAS URBANAS ESTUDO DE CASO (AV. ISABEL
VIEIRA DE PIEDADE DE CTGA-MG)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Drenagem

Orientador: Prof. MSC. Ricardo Botelho Campos

CARATINGA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Sistema de drenagem em vias urbanas. Estudo de caso: Av. Isabel Vieira da Piedade de Caratinga-MG, elaborado pelo(s) aluno(s) Matheus Ferreira Oliveira e Dener Márcio de Oliveira foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 5 de Dezembro de 2017



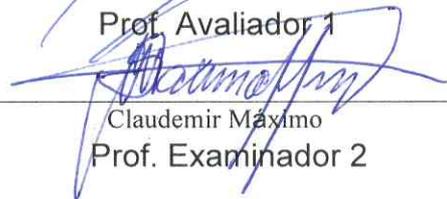
Ricardo Botelho

Prof. Orientador



João Moreira

Prof. Avaliador 1



Claudemir Máximo

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que colaboraram para que esse trabalho fosse concluído.

- Primeiramente a Deus e Maria Santíssima que sempre esteve o meu lado nos momentos difíceis nessa trajetória;
- À minha família, mãe, pai, e irmãos pelo apoio e carinho que sempre me proporcionaram;
- Aos meus colegas de sala de aula, que sempre que precisei estavam ali para poder me ajudar;
- Aos professores, por passar um pouco de seu conhecimento para que eu me profissionalizasse na área que eu gosto;
- Agradecer também ao professor orientador Ricardo Botelho por seus esforços, e o professor Gabriel Baldanza por suas orientações;
- À todos que colaboraram diretamente ou indiretamente por essa conquista.

RESUMO

Com o crescimento populacional e territorial de uma cidade, torna-se extremamente necessário uma melhoria nas infraestruturas urbanas. Quando isso não acontece acaba acarretando vários problemas. Esse trabalho demonstra o problema relacionado á drenagem de águas pluviais, que faz parte do saneamento básico de um município. Foi feita a escolha da Avenida Isabel Vieira em Piedade de Caratinga que com o passar dos anos, segundo os moradores, vem sofrendo com o tal problema. Foi feito uma coleta de dados na prefeitura do município, o órgão público nos disponibilizou informações relacionadas ao tema para a realização do dimensionamento. Foi realizada uma avaliação do sistema de drenagem existente no município ver sua eficácia, e devido o resultado foi realizado um redimensionamento.

Palavras-chave: Drenagem pluvial urbana. Dimensionamento. Microdrenagem.

ABSTRACT

With the population and territorial growth of a city, an improvement in urban infrastructures is extremely necessary. When this does not happen, it causes several problems. This work demonstrates the problem related to drainage of rainwater, which is part of the basic sanitation of a municipality. The Isabel Vieira Avenue was chosen in Piedade de Caratinga, which over the years, according to residents, has been suffering from this problem. A data collection was made at the city hall, the public agency provided us with information related to the theme to carry out the sizing. An evaluation of the existing drainage system in the municipality was carried out to see its effectiveness, and due to the result a resizing was carried out.

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Eixos estruturantes do plano de saneamento básico.....	4
Figura 2: Número de municípios com algum serviço de saneamento básico (Percentual do total geral).....	5
Figura 3: Etapas do ciclo hidrológico.....	7
Figura 4: Principais Bacias hidrográficas do Brasil.....	8
Figura 5: Nível de drenagem nas regiões do Brasil.....	9
Figura 6: Esquema dos dispositivos existentes na rede de drenagem de águas pluviais.....	11
Figura 7: Coeficiente de runoff.....	12
Figura 8: Principais economias de Piedade de Caratinga.....	19
Figura 9: Crescimento Populacional na cidade de Piedade de Caratinga.....	20
Figura 10: Tabela climática de Piedade de Caratinga.....	20
Figura 11: Localização do município de Piedade de Caratinga na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.....	21
Figura 12- Etapa de escavação do sistema de drenagem de Piedade de Caratinga.....	22
Figura 13- Etapa de instalação de manilhas da rede principal em Piedade de Caratinga.....	22
Figura 14: Avenida Izabel Vieira, Piedade de Caratinga, 1 de novembro 2004.....	23
Figura 15: Trecho delimitado da Avenida Isabel Vieira.....	24
Figura 16: Localização do trecho de estudo na área urbana de Piedade de Caratinga.....	25
Figura 17: Boca de lobo existente no trecho.....	26
Figura 18: Verificações das bocas de lobo.....	27
Figura 19: Diâmetro usado em um trecho da Avenida Isabel Vieira.....	28
Figura 20: Levantamento planialtimétrico do local.....	29

Figura 21 Delimitação das bacias contribuintes.....	29
Figura 22: Planilha de cálculo.....	30
Figura 23 Área projetada.....	31
Figura 24: Trechos que foram calculados.....	32
Figura 25 Delimitação das bacias contribuintes.....	33
Figura 26: Dimensionamento do Pv1-Pv2.....	33
Figura 27: Montante e Jusante do trecho PV1-PV2.....	34
Figura 28: Resultados obtidos	35
Figura 29: Resultados obtidos do sistema de drenagem existente no local I.....	36
Figura 30: Resultados obtidos do sistema de drenagem existente no local II.....	36
Figura 31: Resultados obtidos após os cálculos I.....	38
Figura 32: Resultados obtidos após os cálculos II.....	39
Figura 33: Gráfico dos diâmetros usados no projeto de drenagem.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Q	Vazão
I_n	Intensidade pluviométrica
A	Área
C	Coefficiente de runoff
D	Diâmetro do tubo
I	Declividade da tubulação
S_t	Declividade do terreno no trecho
C_m	Cota do PV no terreno a montante
C_j	Cota do PV no terreno jusante
L	Extensão do trecho
S_g	Declividade da galeria
C_{im}	Cota inferior da galeria a montante
C_{ij}	Cota inferior da galeria a jusante
K	Constante
N	Coefficiente de Manning
θ	Ângulo central
V	Velocidade do escoamento
T_c	Tempo de concentração em minutos
D_v	Distância vertical

Dh	Caminho percorrido
T	Período de retorno
t	Tempo de concentração da chuva
QLoc	Vazão local
Qtubo	Vazão do tubo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PV	Poço de visita

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo geral	2
1.2.2	Objetivos específicos	2
1.3	Estruturação da monografia	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Saneamento básico e controle de enchentes	4
2.2	Hidrologia	6
2.3	Ciclo Hidrológico	6
2.4	Bacia Hidrográfica	7
2.5	História da engenharia de águas	8
2.6	Drenagem em vias urbanas	9
2.7	Cálculos para o dimensionamento do sistema de drenagem de água pluvial	11
3	METODOLOGIA	18
3.1	Procedimento de coleta e interpretação de dados	18
3.2	Estudo de caso	18
3.2.1	Caracterização do Município de Piedade de Caratinga	18
3.3	Caracterização do local do estudo	24
3.4	Levantamento de dados do sistema existente no trecho	26
3.5	Verificação da situação do sistema atual	28
3.6	Redimensionamento do sistema de drenagem pluvial de Piedade de Caratinga	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1	Capacidade das galerias existentes	36

4.2	Redimensionamento do sistema de drenagem	37
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	41
5.1	Conclusão	41
5.2	Recomendações	42
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
	APÊNDICE A	45
	APÊNDICE B	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Esse trabalho aborda um estudo sobre a infraestrutura e planejamento dos sistemas de drenagem na Avenida Isabel Vieira situada em Piedade de Caratinga, um município de pequeno porte localizado na região leste de Minas Gerais com uma topografia montanhosa. Com o estudo, pretende-se entender, quais fatores causam alagamentos e transtornos aos moradores que ali residem com o objetivo de minimizar esse problema este estudo de caso irá apresentar soluções para garantir sua funcionalidade, que seja eficiente, e que resolva o problema que tanto gera prejuízos à população.

A drenagem urbana com o passar dos anos, tem passado por mudanças técnicas, onde vem se revolucionando para obter assim resultados mais satisfatórios.

O sistema de drenagem urbana tem uma importante tarefa dentro de uma cidade, sendo sua função captar a água das chuvas e destinar para certo ponto onde já se é preparado para recebê-la (Tucci, 1997). Para um correto funcionamento da rede de drenagem tem de ser realizado um estudo sobre a área da cidade onde o sistema deverá ser implantado, para assim ser realizado um projeto que seja melhor adequado ao local. Ainda sendo observado que para a realização do projeto deve ser seguida a ABNT/NBR 15645 para que haja um correto planejamento.

A urbanização e impermeabilização das ruas da cidade de uma forma geral ajudam a agravar o problema como, por exemplo, no bairro São José onde o mesmo se inclina de forma que o escoamento superficial é transportado em grande parte até o local onde ocorrem os alagamentos, sendo descontadas apenas as taxas de infiltração e evaporação.

Baseando-se em alguns dados (que serão apresentados no decorrer do trabalho) a ocorrência de alagamentos em cidades vem sendo comuns com as chuvas de maior intensidade, sendo vários problemas distintos.

Quando acontecem esses tipos de alagamentos vêm junto com eles algumas consequências como a perda por danos materiais e até mesmo morais além de poluição do local onde houve o transbordamento de águas pluviais.

Buscando solucionar tal problema essa monografia irá fazer uma análise do sistema de drenagem existente no local, e fazer um redimensionamento para saber assim à causa do problema de alagamentos na Avenida Isabel Vieira.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar um redimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais da cidade de Piedade de Caratinga, delimitando o trecho da Avenida Izabel Vieira, cujo problema é mais agravante e fazer uma comparação com o sistema existente no local para saber assim a causa do problema.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantamento histórico de Piedade de Caratinga, demonstrando de forma geral, a realidade da drenagem pluvial no município.
- Caracterização do local do estudo, delimitando o trecho mais afetado pelo problema, cujo estudo será direcionado.
- Analisar se o sistema de drenagem não está obstruído em algum ponto específico aonde o mesmo vem causando os alagamentos.
- Realizar uma avaliação do sistema de drenagem existente no local;
- Realizar o dimensionamento do sistema de drenagem;
- Realizar uma comparação entre o sistema existente com o redimensionado, para saber assim, a causa do problema estudado.

1.3 Estruturação da monografia

Esta monografia foi dividida em 6 (seis) capítulos, conforme descrito a seguir a organização:

- Capítulo 1: Contém a introdução juntamente a contextualização, o objetivo geral e específico e a organização da monografia;
- Capítulo 2: Onde se está situado o referencial bibliográfico, sendo descrito histórico do problema apresentado e também alguns dados de observação sobre a característica do local a ser estudado.
- Capítulo 3: Situa-se a metodologia, expondo os métodos de estudo e conseqüentemente os objetivos a serem alcançados como os já especificados. Métodos de cálculo para a obtenção de valores para serem usados em um futuro redimensionamento de escoamento pluvial e estudo das curvas de níveis do local.
- Capítulo 4: Buscará expor os resultados obtidos a partir dos métodos adotados para a realização do trabalho, demonstrando as dimensões do projeto dimensionado.
- Capítulo 5: Contém as conclusões e recomendações;
- Capítulo 6: Referências bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Saneamento básico e controle de enchentes

Saneamento básico é um serviço público que compreende os sistemas de esgoto, abastecimento de água, gestão de drenagem e coleta seletiva de resíduos sólidos, onde assim oferecem uma vida digna para a população, e uma proteção ao meio ambiente urbano e rural. Combinado com essa política, o saneamento básico trabalha na prevenção e cuidados que iram evitar doenças aos moradores melhorando assim sua qualidade de vida (Mauricio Novaes, 2010).

Figura 1: Eixos estruturantes do plano de saneamento básico



FONTE: CNM (2013)

Com o passar do tempo, esse problema relacionado à falta de serviço de saneamento básico vem preocupando aos órgãos públicos brasileiros, pois grande parte da população do país ainda sofre pela falta de recursos de saneamento básico que lhes oferecerão um nível digno de qualidade de vida (IBGE, 2008).

Na realidade em que o país está vivenciando, metade da população brasileira não tem esgoto coletado, e cerca de 35 milhões de pessoas nem se quer tem acesso à água tratada, isso é um reflexo da falta de comprometimento com a população e a falta de planejamento urbano, onde falta de ações interferem no bem estar do cidadão (Trata Brasil, 2014).

Na Figura 2, demonstra o número de municípios com algum serviço de saneamento básico no país.

Figura 2: Número de municípios com algum serviço de saneamento básico
(Percentual do total geral)

	Variável	Número de municípios com algum serviço de saneamento básico	Número de municípios com algum serviço de saneamento básico - percentual geral
	Unidade de medida		
Tipo de serviço		Unidades	Percentual
	Manejo de resíduos sólidos	5562	99,96
	Manejo de águas pluviais	5256	94,46
	Rde coletora de esgoto	3069	55,16
	Rede geral de distribuição de água	5531	99,41
	Total com algum serviço de saneamento básico	5564	100
	Total geral de municípios	5564	100

Fonte: IBGE, 2008

No Brasil, um dos principais problemas relacionados a inundações estão diretamente relacionados à falta de saneamento básico nas cidades do país, e por falta de um sistema de drenagem eficiente, principalmente em cidades pequenas ou lugares indevidamente ocupados, como áreas tomadas, por habitações de baixo custo onde não sofrem nenhuma fiscalização do governo, como por exemplo, áreas periféricas onde não são feitas construções em lugares que não passam por uma fiscalização e um severo planejamento futuro, onde sofrem por problemas na maioria das vezes irreversíveis (Mauricio Novaes, 2010).

Nas últimas décadas, devido à urbanização e ao crescimento descontrolado da população e pela falta de investimento dos órgãos públicos, vem crescendo o problema relacionado ao saneamento básico, cidades que não oferecem, e nem investem se quer em aspectos que melhoram a qualidade de vida aos moradores, aumentando assim a níveis alarmantes da qualidade de vida (Mauricio Novaes, 2010).

2.2 Hidrologia

Hidrologia é a ciência que trata o comportamento, distribuição e das propriedades da água da natureza, é a ciência básica que engloba todo o campo da Engenharia Hidráulica. Essa ciência é dividida em 3 ramos, os quais, tratam da água em suas diferentes formas de controle, sendo ela acima, sobre e abaixo da superfície da terra (Garcez, 1976).

Segundo Garcez (1976), os 3 ramos que dividem a hidrologia são:

- Água atmosférica: Em relação à hidrologia estuda as chuvas e outras formas de precipitação, suas causas, origens e ocorrências é o ramo da meteorologia que estuda todos os fenômenos atmosféricos onde tem relação à água.
- Água superficial: Escoamento de cursos d'água, lagos reservatórios, rios, águas correntes e comportamentos dão águas superficiais.
- Água subsuperficial: De modo geral, água subterrânea, é considerada como sua origem à infiltração da água no solo, sua passagem e percolação no solo, e sua saída pelo mesmo.

2.3 Ciclo Hidrológico

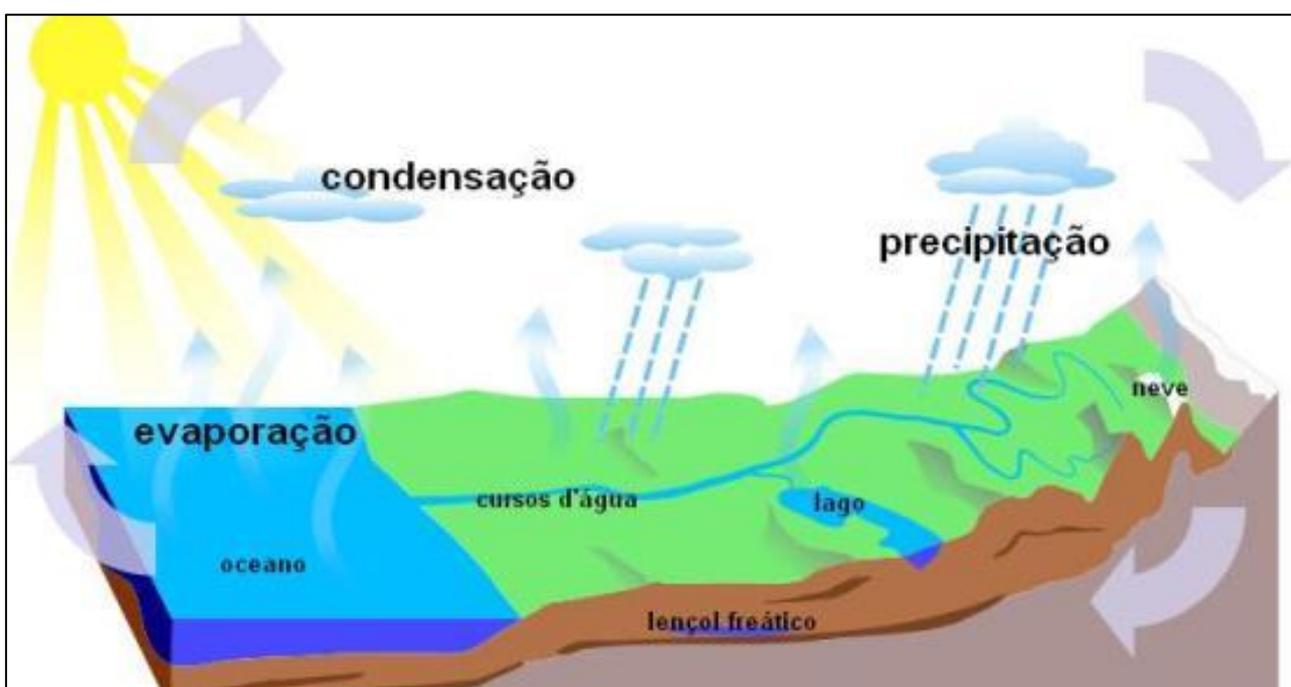
Trata-se do comportamento da água na natureza, sua transformação de estados relacionados a fatores climáticos. Esse ciclo utiliza principalmente a dinâmica da atmosfera e os grandes reservatórios de água, que são os oceanos, as geleiras e os aquíferos, os rios e lagos também são utilizados, mais comparados com os acima, tem valores quase que insignificantes (TUCCI, 2006).

A etapa do ciclo hidrológico se baseia no vapor de água, proveniente a evaporação, que forma nuvens na atmosfera, quando essas nuvens ficam sobrecarregadas e atingem altitudes elevadas ocorre o fenômeno da chuva, pois a temperatura cai e a água se transforma em líquido. Depois essa água vai parar nos rios e oceanos, logo após evaporando novamente formando assim um ciclo mais uma vez (GARCEZ, 1976).

O ciclo hidrológico é de extrema importância para a vida de nosso planeta, é através do ciclo que ocorrem a variação climática, criando assim condições para o desenvolvimento dos seres vivos da terra (planta, animais), e o funcionamento de rios, oceanos e lagos (GARCEZ, 1976).

A Figura 3 demonstra as etapas existentes no ciclo hidrológico, explicando seu processo.

Figura 3: Etapas do ciclo hidrológico



Fonte: Mundo Educação, 2007

2.4 Bacia Hidrográfica

Bacia hidrográfica é uma área onde região de um rio principal e de seus afluentes. É a porção de um espaço em que as águas subterrâneas, das águas das chuvas e de montanhas que escoam em direção ao um determinado curso d'água (FRANCISCO, 2008).

O Brasil possui 12 regiões hidrográficas, tendo assim uma das mais extensas e diversificadas redes fluviais do mundo, com isso, sendo um país rico em recursos

naturais, sendo essas bacias: Bacia Amazônica, Bacia Tocantins Araguaia, Bacia do Paraguai, Bacia Atlântico Nordeste Ocidental, Bacia Atlântico Nordeste Oriental, Bacia do Paraná, Bacia do Parnaíba, Bacia do São Francisco, Bacia do Atlântico Leste, Bacia do Atlântico Sudeste, Bacia do Atlântico Sul e Bacia do Uruguai (FRANCISCO, 2008).

Na Figura 4 a seguir, será possível ver a localização das principais bacias hidrográficas existentes no território brasileiro.

Figura 4: Principais Bacias hidrográficas do Brasil



Fonte: Geografia Opinativa, 2007

2.5 História da engenharia de águas

Existem relatos antigos que desde o início dos tempos com a evolução humana, as pessoas começaram a manipular água em grande escala, com a necessidade de irrigação, na antiga sociedade agrária. O primeiro projeto registrado, foi aproximadamente a 5 mil anos atrás no Egito. Nos milênios seguintes, muitos outros projetos surgiram no Mediterrâneo e no Oriente Próximo (GRIBBIN, 2009).

A civilização Romana segundo relatos foram as que mais usaram e se desenvolveram na idade antiga em sistemas relacionados á água, como por exemplo, os famosos aquedutos que estavam entre as maravilhas do mundo e permaneceram em uso durante dois milênios (GRIBBIN, 2009).

No final de 1850, os projetos de engenharia eram baseados principalmente em regras empíricas, desenvolvidas com base na experiência dos projetistas e ajustada com fatores liberais de segurança. Com o passar do tempo, a utilização de teorias aumentou rapidamente, hoje os dimensionamentos são feitos com uma vasta quantidade de cálculos meticulosos, buscando a obtenção de resultados mais satisfatórios e mais próximos da perfeição, para que aqueles que forem usufruir do sistema, não passem por nenhuma complicação futura (GRIBBIN, 2009).

2.6 Drenagem em vias urbanas

O sistema de drenagem deve ser compreendido como um conjunto de infraestruturas existente em cada cidade que buscam oferecer uma melhor qualidade de vida para os moradores. É constituído por uma série de medidas que buscam minimizar riscos que a população está exposta, como riscos físicos e relacionados a doenças causadas por enchentes, possibilitando que o desenvolvimento seja harmônico e sustentável (CHAMPS, 2004).

Na Figura 5 a seguir, demonstra o nível de drenagem em cada região do Brasil.

Figura 5: Nível de drenagem nas regiões do Brasil

Regiões	Total de municípios	Municípios com sistema de drenagem subterrâneo			Porcentagem de municípios com sistema de drenagem
		Tipos de rede		Total	
		Macro drenagem	Micro drenagem		
Norte	449	41	127	137	31%
Nordeste	1787	208	755	798	45%
Sudeste	1666	472	1336	1409	85%
Sul	1159	403	1001	1087	94%
Centro-Oeste	446	94	237	259	58%
Brasil	5507	1218	3456	3690	67%

Fonte: IBGE, 2000

O sistema de drenagem é pode ser dividido em microdrenagem, e macrodrenagem.

Macro drenagem: é o sistema que deve afastar as águas de escoamento superficial, ou seja, controlar cheias para que se possam evitar inundações. Tem por principal objetivo minimizar riscos ou prejuízos em áreas de extensão significativa em que pode haver cheias com um grande tempo de retorno, estando entre $T = 25$ a 100 anos (Zahed,2014).

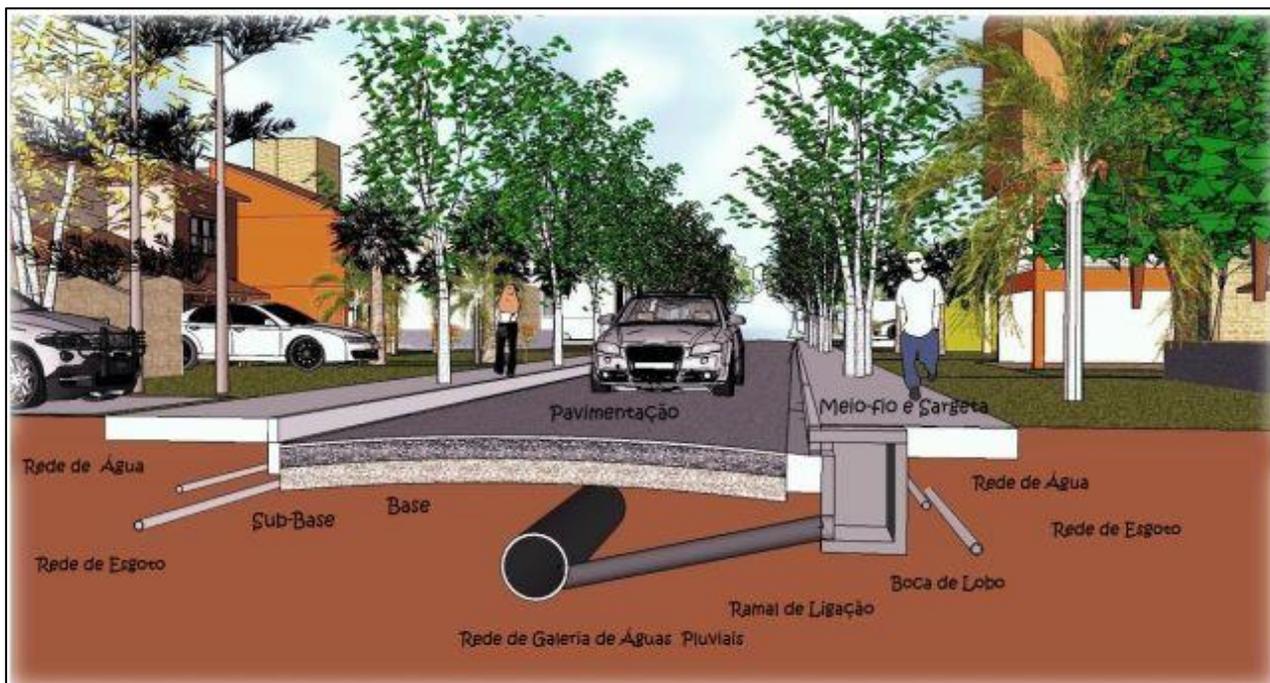
Microdrenagem: está relacionada com as vias locais, que fazem parte as bocas de lobo, sarjetas, poços de visita, galerias e as guias. Todos estes mencionados fazem parte da microdrenagem onde se busca a condução de águas pluviais para pontos onde se possa ser descartada (CREA-MG, 2013).

Segundo Tucci (2003), os dispositivos estruturais básicos que compõe a um sistema de drenagem, são:

1. Poço de visitas: Elementos que são colocados ao longo da galeria, que permitem mudança na direção, mudança no diâmetro e inspeção para vistoria e limpeza das canalizações.
2. Galeria: São redes ligadas á boca de lobo com a finalidade de conduzir as águas pluviais.
3. Sarjetas: Ou “canaleta”, um canal que fica localizado entre o passeio e a via que transporta as águas pluviais até o ponto de despejo como, bocas de lobo por exemplo.
4. Tubos de ligação: Sua função é conduzir as águas pluviais desde as bocas de lobo até as galerias ou poços de visitas.
5. Trecho: Parte da galeria entre dois poços de visita.
6. Meio-fio: Estrutura instalada paralelamente ao eixo da rua, tendo no mesmo nível do passeio sua face superior.
7. Bocas de lobo: Localizados em pontos estratégicos, para a captação das águas pluviais.

A figura 6 a seguir demonstra o esquema de drenagem de água pluvial, demonstrando alguns dispositivos estruturais.

Figura 6: Esquema dos dispositivos existentes na rede de drenagem de águas pluviais



Fonte: Google Imagens, 2017

2.7 Cálculos para o dimensionamento do sistema de drenagem de água pluvial

Segundo Heber (2013), o cálculo da vazão local (Q_{Loc}), e também para o vazão total (Q_{tot}), é obtida pela equação:

$$Q = C \cdot I_n \cdot A \quad (2.1)$$

Onde:

Q é a vazão (m^3/s);

I_n é a intensidade pluviométrica (m/s);

A é a área (m^2);

C é o coeficiente de runoff.

Para o cálculo da vazão local, é utilizada a área do determinado trecho estudado, e para fazer o cálculo da vazão total se usa a área total (Heber, 2013).

O coeficiente de runoff é o quociente que escoar superficialmente em determinada superfície pelo total da água precipitada, vai variar com a mudança de propriedade do local trabalhado (Tomaz, 2009).

Na Figura 7, demonstrar os coeficientes que serão usados de acordo com o local estudado.

Figura 7: Coeficiente de runoff

Tipo de superfície	Coeficiente de runoff	Tipo de superfície	Coeficiente de runoff
Pavimento asfáltico	0,95	Gramado plano entre 0 e 1% de decl.	0,25
Pavimento concreto	0,95	Gramado médio entre 1% a 3% de decl.	0,35
Pavimento de tijolos	0,85	Gramado alto entre 3% a 10% de decl.	0,4
Pavimento de pedras	0,75	Gramado muito alto >10% de decl.	0,45
Telhado linha base	0,95	Vegetação plana (0 a 1% de decl.)	0,1
Telhado verde < 10cm	0,50	Vegetação média (0 a 1% de decl.)	0,2
Telhado verde entre 10cm e 20cm	0,30	Vegetação alta (0 a 1% de decl.)	0,25
Telhado verde entre 20cm e 50cm	0,20	Vegetação muito alta (a 1% de decl.)	0,3
Telhado verde > 50cm	0,10		

Fonte: Tomaz, 2009

A vazão do tubo (Q_{tubo}) representa a vazão em que o tubo suportará conduzir, essa unidade é calculada pela equação (Heber, 2013):

$$Q_{tubo} = 70 \cdot \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I} \quad (2.2)$$

Onde:

D - é o diâmetro do tubo (m);

I é a declividade da tubulação (m/m);

De acordo com Heber (2013), a declividade do terreno no trecho (St) representa a razão entre a subtração das cotas de montante e jusante e a extensão do trecho estudado, podendo ser obtida pela equação abaixo.

$$St = \frac{(Cm - Cj)}{L} \quad (2.3)$$

Onde:

St é a declividade do terreno no trecho (m/m);

Cm é a cota do PV no terreno a montante (m);

Cj é a cota do PV no terreno jusante(m);

L é a extensão do trecho (m);

Para obter-se a declividade da galeria deverá ser descontado o cobrimento mais o diâmetro usado no trecho, após ser descontado, a declividade será obtida com a seguinte equação (Heber, 2013):

$$Sg = \frac{(Cim - Cij)}{L} \quad (2.4)$$

Onde:

Sg - Declividade da galeria (m/m);

Cim é a cota inferior da galeria a montante (m);

Cij é a cota inferior da galeria a jusante (m);

L é a extensão do trecho (m).

Segundo Heber (2013), a constante K pode ser calculada em função da vazão, coeficiente de Manning, diâmetro e declividade, ela é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$K = Q_{tot} \cdot N \cdot D^{-\frac{8}{3}} \cdot Sg^{-\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

Onde:

K é a constante;

N é o coeficiente de Manning ($M^{-1/3} \cdot S$);

Q é a vazão ($M^2 \cdot S$);

D é o diâmetro;

Sg é a declividade da galeria (m/m).

Após calcular a constante, calcula-se o ângulo central da superfície livre, usando a equação (Tomaz, 2013):

$$\theta = 5915,8 K^5 - 5201,2K^4 + 1786,6K^3 - 298,89 \cdot K^2 + 32,113 \cdot K + 1,1487 \quad (2.6)$$

Onde:

θ é o ângulo central ($^\circ$);

K é a constante.

Para o cálculo da relação altura-diâmetro (h/D), com base no resultado da equação anterior, deverá ser levando em conta a relação h/D que terá estar entre, $0,10 < h/D < 0,85$, utiliza-se a equação (Heber, 2013):

$$\frac{H}{D} = \left(\frac{1}{2}\right) [1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)] \quad (2.7)$$

Onde:

θ é o ângulo central (°).

Com o resultado da relação altura-diâmetro, será possível determinar a área molhada, com base na equação (Heber, 2013):

$$A = D^2 \cdot \frac{\theta - \text{sen}\theta}{8} \quad (2.8)$$

Segundo Heber (2013) após a obtenção dos resultados da vazão “Q” do determinado trecho e a área molhada “A”, calcula-se a velocidade do escoamento pela seguinte equação:

$$V = \left(\frac{Q}{A}\right) \quad (2.9)$$

Onde:

V é a velocidade do escoamento (m/s);

Q é a vazão (m³/s);

A é a área molhada (m²).

Deverá ser calculado o tempo de percurso, que é a razão entre a extensão e a velocidade do escoamento na galeria, e é obtido através da seguinte equação (Heber, 2013)

$$Tp = \left(\frac{L}{V.60}\right) \quad (2.10)$$

Segundo Heber (2013) o tempo de concentração é calculado pela seguinte equação:

$$Tc = \frac{16.L1}{(1,05 - 0,2P).(100.S^{0,04})} \quad (2.11)$$

Onde:

Tc é o tempo de concentração em minutos;

$L1$ é o caminho percorrido por uma hipotética gota d'água de chuva expresso em km, ao longo das linhas que une os pontos mais baixos de um vale;

P é o percentual, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação;

S é a declividade média do caminho $L1$, desprezando as pequenas quedas a prumo em meios-fios e outros.

Segundo Heber (2013) a declividade “s” é obtida pela seguinte equação:

$$S = \left(\frac{Dv}{Dh}\right) \quad (2.12)$$

Onde:

Dv é a distância vertical (Que deverá ser subtraído a cota mais alta do caminho $L1$ e a mais baixa);

Dh é o caminho percorrido ($L1$);

O cálculo da intensidade pluviométrica é a correlação entre o período de retorno e o tempo de concentração da chuva, é obtida através da seguinte fórmula (Heber, 2013):

$$i = \frac{29,3749xT^{0,1471}}{(t + 16,3)^{0,845718}} \quad (2.13)$$

Onde:

T é o período de retorno $8 \text{ ano} \leq T \leq 100$;

t é o tempo de concentração da chuva.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimento de coleta e interpretação de dados

Inicialmente foi feito um levantamento de dados através de registros históricos, sendo eles fotográficos ou documentais, com ajuda de antigos moradores e da Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga.

A partir daí foi feito uma breve análise de como eram enfrentados os problemas relacionados a enchentes, e os problemas de maiores proporções que aconteceram no município.

Para alcançar os objetivos propostos por esse trabalho, primeiramente, foi feito contato com a prefeitura do município, buscando dados relacionados ao tema, para tomar conhecimento de mapas, levantamentos topográficos do local, leis que visam mitigar os problemas e melhorar a qualidade do sistema de drenagem que ali existe.

Quanto à população, foram feitas perguntas, para assim ter uma ideia do nível do problema enfrentado pelos moradores atingidos, buscando assim informações que pudessem contribuir no trabalho.

Com todos esses dados obtidos, foram propostas soluções adequadas à essa situação de nossa cidade, levando em consideração todas as características do município, sendo elas, a topografia, clima, hidrologia e a densidade demográfica.

3.2 Estudo de caso

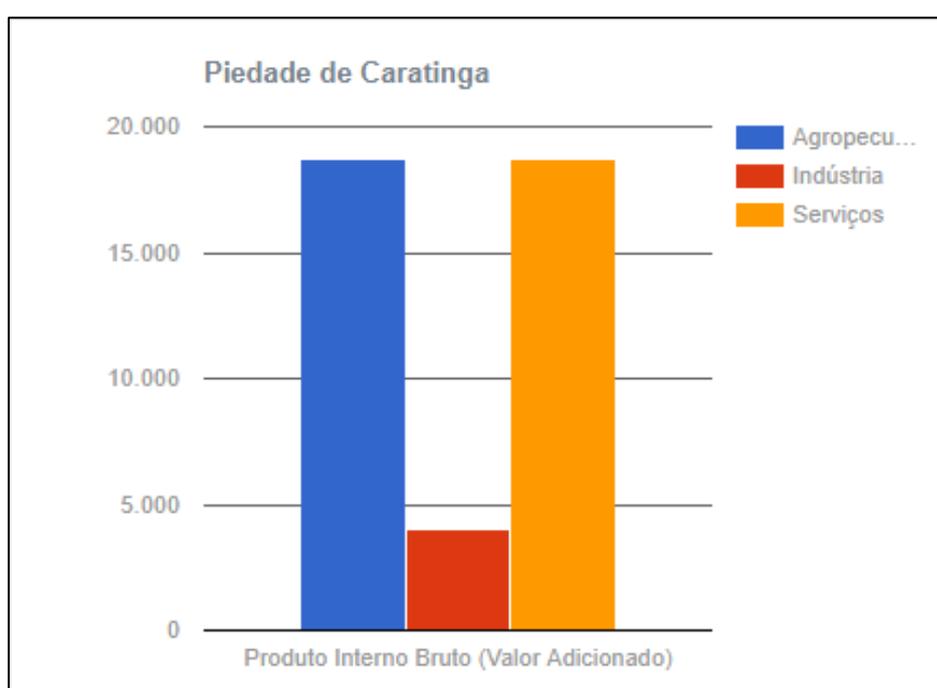
3.2.1 Caracterização do Município de Piedade de Caratinga

O histórico apresentado pela Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga relata que a cidade está situada no interior de Minas Gerais na região sudeste, sendo emancipado a município no dia 15 de setembro de 1995, tendo apenas 22 anos como cidade.

Segundo o IBGE a área do município é de 109,345 Km², sendo que 0,37 Km² constituindo zona urbana, pertencendo a Mesorregião do Vale do Rio Doce e Microrregião de Caratinga (IBGE, 2015).

Sua economia é baseada em pequenos empreendedores cuja principal fonte de economia está ligada a área agropecuária, como é possível ver na Figura 8 abaixo, sendo demonstradas as principais fontes de economia para a cidade.

Figura 8: Principais economias de Piedade de Caratinga



FONTE: IBGE (2015)

Piedade de Caratinga sendo uma cidade que está em constante crescimento, vem sendo observada por vários empresários de pequenos e grandes portes, que vem investindo na cidade com novas empresas que geram novos empregos para a população.

Diante desse crescimento de sua economia, Piedade de Caratinga na época da safra do café, a partir do mês de abril, está sendo cada vez mais observada por pessoas que buscam uma vida melhor, sendo que, todo ano a cidade recebe várias pessoas que buscam melhorar sua vida econômica, sendo que com os resultados obtidos decidem residir na cidade.

A Figura 9 a seguir demonstra o crescimento populacional da cidade de acordo com o censo do IBGE.

Figura 9: Crescimento Populacional na cidade de Piedade de Caratinga

Ano	Piedade de Caratinga	Minas Gerais	Brasil
1991	-	15.743.152	146.825.475
1996	-	16.567.989	156.032.944
2000	5.347	17.891.494	169.799.170
2007	6.444	19.273.506	183.987.291
2010	7.110	19.597.330	190.755.799

FONTE: IBGE: Censo Demográfico 2010

O clima de Piedade de Caratinga é caracterizado como subtropical, com temperatura média anual de 19,7 °C, tendo como mês de janeiro o mais quente, com temperatura média de 22,7 °C, sendo a média máxima de 28,4 °C e a mínima de 17° C. O mês mais frio, junho, com média de 16,7 °C, sendo 23,8 °C e 9,7 °C respectivamente a temperatura máxima e mínima. (Climate Data, 2016)

A Figura 10 demonstra a temperatura média de todos os meses de Piedade de Caratinga.

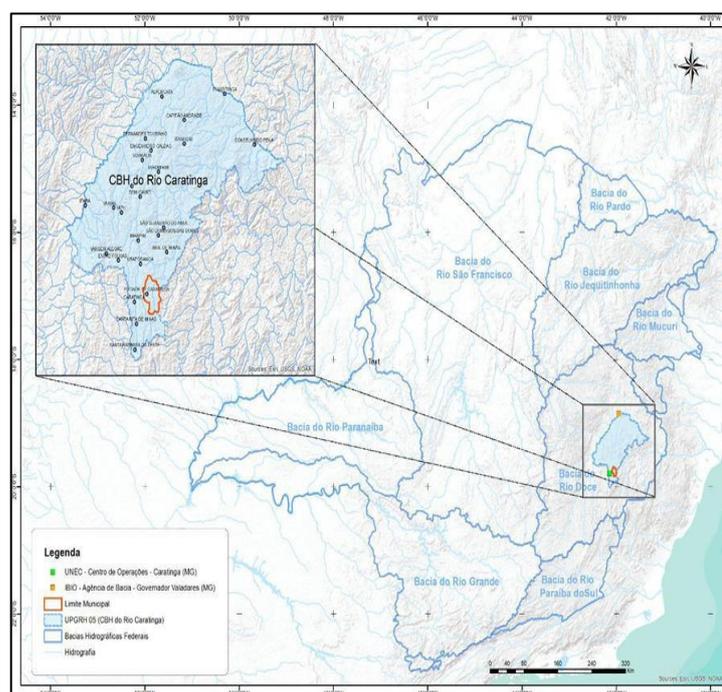
Figura 10: Tabela climática de Piedade de Caratinga

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	22.7	22.6	21.4	19.6	17.7	16.7	17.3	18.7	20.1	21.3	21.8	20.8
Temperatura mínima (°C)	17	17.1	15.8	13.6	11	9.7	10.2	11.7	14.1	15.8	16.6	15.4
Temperatura máxima (°C)	28.4	28.1	27	25.6	24.5	23.8	24.4	25.7	26.2	26.9	27.1	26.3
Temperatura média (°F)	72.9	72.7	70.5	67.3	63.9	62.1	63.1	65.7	68.2	70.3	71.2	69.4
Temperatura mínima (°F)	62.6	62.8	60.4	56.5	51.8	49.5	50.4	53.1	57.4	60.4	61.9	59.7
Temperatura máxima (°F)	83.1	82.6	80.6	78.1	76.1	74.8	75.9	78.3	79.2	80.4	80.8	79.3
Chuva (mm)	239	126	140	78	39	19	19	26	48	103	194	236

FONTE: Climate Data

Piedade de Caratinga é drenada pela bacia hidrográfica do Rio Doce, como é mostrado na Figura 11, com média de uma precipitação anual de 1287 mm, sendo o mês de janeiro o mês mais seco, quando ocorrem apenas 19 mm, e em dezembro o mês mais chuvoso com média de 236 mm.

Figura 11: Localização do município de Piedade de Caratinga na Bacia Hidrográfica do Rio Doce



FONTE: FUNEC, 2015

O foco da pesquisa na prefeitura do município, e por conversas com os moradores, foram obter informações sobre projetos do sistema de drenagem que já existe no município, se a limpeza é feita no sistema e relatos de problemas relacionados a enchentes ocorridas na cidade, e tendo uma grande ajuda dos moradores, que nos cederam imagens que facilitam a visualização do problema enfrentado pelos moradores que ali residem, já tendo como resultado o conteúdo a seguir:

A Figura 12 a seguir, demonstra o início das obras do sistema de drenagem de Piedade de Caratinga no ano de 1998, relatando a etapa de escavação da rede principal de drenagem.

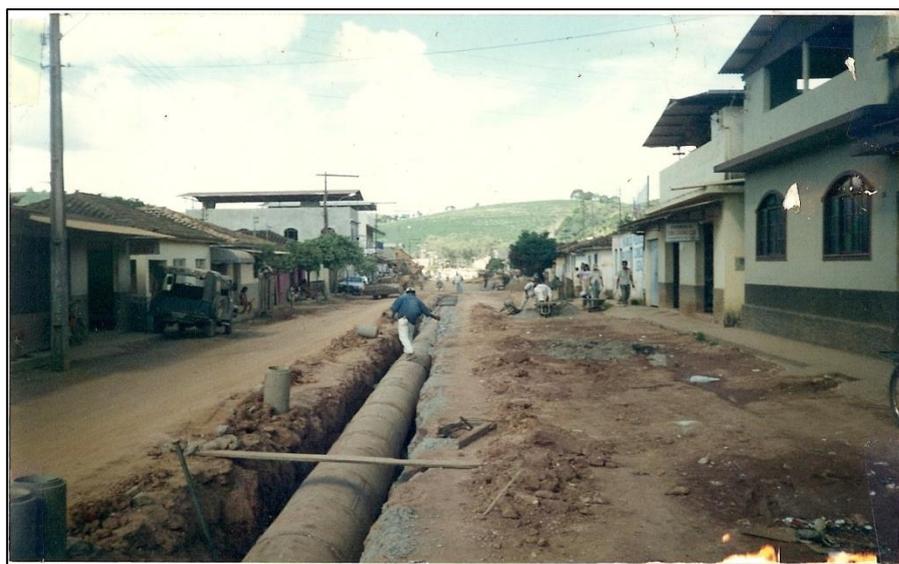
Figura 12- Etapa de escavação do sistema de drenagem de Piedade de Caratinga



Fonte: Acervo dos moradores, 1998

A Figura 13 a seguir demonstra a etapa de instalação das manilhas do sistema existente no município.

Figura 13- Etapa de instalação de manilhas da rede principal em Piedade de Caratinga



Fonte: Acervo dos moradores, 1998

Segundos dados cedidos pela Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga, e relatos de moradores, a enchente que ocorreu no dia 1 de novembro de 2004 é destacada como a mais significativa da história do município.

De acordo com moradores, a enchente trouxe vários prejuízos materiais e psicológicos, grande parte dos comércios foi tomada pela corrente da chuva, tendo várias mercadorias perdidas, tendo como a área central da cidade como a mais atingida.

Figura 14: Avenida Izabel Vieira, Piedade de Caratinga, 1 de novembro 2004



Fonte: Acervo dos moradores, 2004

Segundos relatos, até hoje a Avenida Isabel Vieira é a que mais sofre com o problema apresentado, local onde se encontra a área comercial da cidade, onde recebe uma grande concentração de pedestres e fluxos de automóveis.

.A Figura 15 a seguir, demonstra o trecho alagado devido a uma chuva que ocorreu no dia 7 de julho de 2016, onde novamente o problema acontece.

Figura 15: Trecho delimitado da Avenida Isabel Vieira



Fontes: Acervo dos moradores, 2006

Diante dos registros encontrados, é possível concluir que o município vem sofrendo com enchentes a mais de 10 anos, devido a falta de capacidade de escoamento da água da chuva e à ineficiência do sistema em conduzir e absorver de maneira apropriada às águas provenientes das áreas mais elevadas do local.

3.3 Caracterização do local do estudo.

De acordo com o estudo prévio realizado em todo o município, foi escolhido um trecho onde se pode notar que é o que mais sofre com o problema. Para o estudo foi delimitado um trecho de aproximadamente 170 metros da Avenida Isabel Vieira, do número 15 até 195.

Figura 16: Localização do trecho de estudo na área urbana de Piedade de Caratinga



Fonte: Google Earth Pro, 2017

Sendo uma cidade cujo perfil topográfico é de característica montanhosa, o trecho recebe uma grande quantidade de águas pluviais vindas de zonas mais altas da proximidade, ocasionando assim um escoamento superficial de grande volume.

Como se trata de um local de uma região central da cidade, sendo constituído por comércios e residências, o fluxo de veículos e pedestres é muito elevado, conseqüentemente o volume de lixo é compatível. Durante a visita no local, foram fotografadas as 4 bocas de lobo existentes no trecho, e foi percebido que a qualidade de limpeza das mesmas são consideráveis, como na Figura 17 é demonstrada, fortalecendo assim a ideia de que o problema não é ocasionado por obstrução no trecho.

Figura 17: Boca de lobo existente no trecho



Fonte: Os autores, 2017

3.4 Levantamento de dados do sistema existente no trecho

Primeiramente foi feita uma visita na prefeitura de Piedade de Caratinga para verificar se o órgão público disponibilizava o projeto do sistema de drenagem existente no município, como se trata de um projeto que foi executado há muito tempo, responsáveis pela área de construção informaram que a prefeitura não tinha mais posse do mesmo.

O órgão público nos disponibilizou o levantamento planialtimétrico do município contendo os níveis de cada rua, podendo assim, identificar o sentido de escoamento em cada trecho, sendo possível fazer a delimitação da bacia de cada ponto analisado.

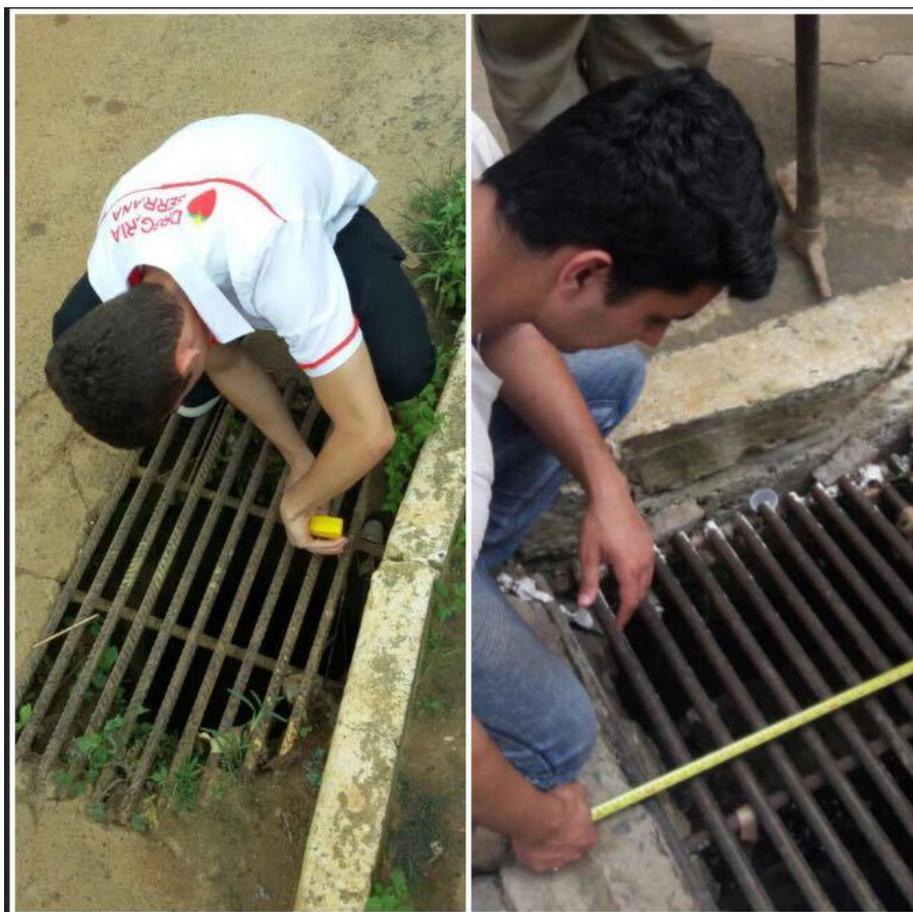
A Prefeitura de Piedade de Caratinga disponibilizou 2 funcionários que possuem contato direto com o sistema de drenagem, tendo como suas funções as

manutenções do sistema, para que os mesmos fizessem o acompanhamento aos locais de captação, para explicar como foi instalado e auxiliar na verificação dos diâmetros das tubulações.

Foi feito então uma visita no local com o objetivo de coletar informações relacionadas ao projeto, buscando analisar os diâmetros que foram usados, dimensões das bocas-de-lobo existentes no trecho, e suas profundidades que foram adotadas na execução do projeto.

Foi verificado um total de 7 bocas de lobo, sendo que 4 são da Avenida Isabel Vieira, e os outros 3 são de ruas que fazem contribuição para a mesma. Na figura 18 a seguir demonstra a verificação das dimensões das bocas de lobo existentes no local.

Figura 18: Verificações das bocas de lobo.



Fonte: Os autores, 2017

Logo após foi feita a verificação dos diâmetros que foram usados nos trechos existentes na Avenida Isabel Vieira, verificando também o cobrimento que foi utilizado nos mesmos, para ver se estão dentro das dimensões exigidas. Na Figura 19 demonstra o diâmetro utilizado em um dos trechos, tendo como uso o diâmetro de 600mm.

Figura 19: Diâmetro usado em um trecho da Avenida Isabel Vieira



Fonte: Os autores, 2017

Pode-se notar que se trata de um trecho de difícil trabalho, pois em toda sua extensão, não existe nenhum poço de visitas para a realização de manutenções, onde também algumas bocas de lobos são de difícil acesso.

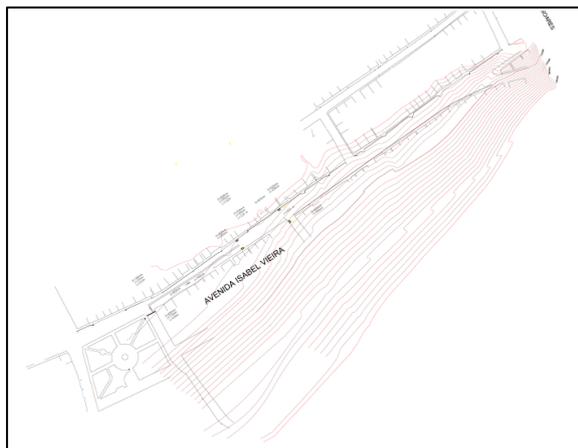
Após fazer todo o levantamento da situação do sistema existente, foi feito um esboço do atual sistema, que se encontra no Apêndice A.

3.5 Verificação da situação do sistema atual

Como não existe um projeto no local, buscou-se simular o seu dimensionamento usando dados recolhidos na Avenida Isabel Vieira. Foi utilizado o levantamento planialtimétrico disponibilizado pela prefeitura para a obtenção dos valores da montante e da jusante.

Na Figura 20 a seguir, demonstra o levantamento planialtimétrico da Avenida Isabel Vieira.

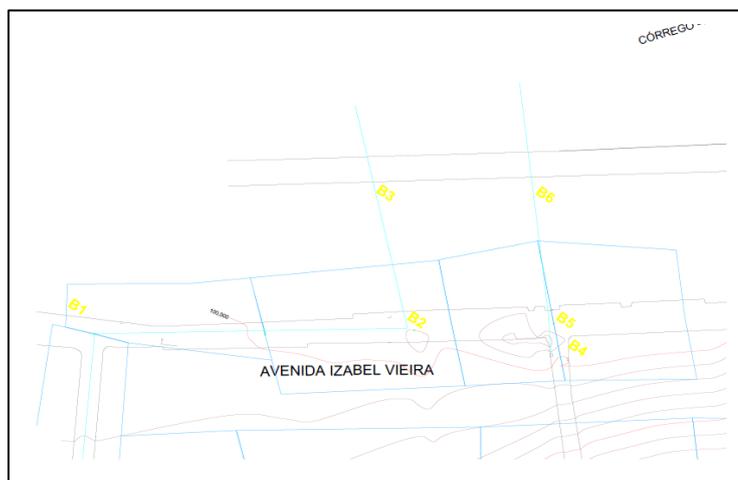
Figura 20: Levantamento planialtimétrico do local



Fonte: Os autores, 2017

Nas profundidades da galeria, foi utilizada a profundidade coletada no local, e por meio de relatos dos trabalhadores. Logo após foi feita a delimitação da bacia de contribuição para cada trecho, formando uma malha de influência, conforme é mostrado na figura 21 abaixo.

Figura 21 Delimitação das bacias contribuintes



Fonte: Os autores, 2017

Foram delimitadas as bacias de contribuição de cada trecho através das setas da rede pluvial e do levantamento topográfico cedido pela prefeitura Municipal, com o auxílio da ferramenta AutoCad.

Para a realização dos cálculos foi utilizado à ferramenta Microsoft Excel, deixando mais prático e confiável os resultados obtidos. A planilha utiliza um método recém desenvolvido que não mais adota tabelas de referências e sim equações da velocidade, e da relação altura da lâmina d'água-diâmetro

Figura 22: Planilha de cálculo

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		c	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)	Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)
		Trecho	Total							Mont.	Jus.	
Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V(m/s)	tp (min)	
mont.	jus.		mont.	jus.								

Fonte: Os autores, 2017

Na tabela, os valores das colunas que estão destacadas pela cor verde, são todos obtidos pelas formulas 2.1 a 2.13 que estão descritas na referência bibliográfica.

A coluna “Trecho” corresponde a cada denominação dada à tubulação existente entre dois poços de visitas, o primeiro número corresponde ao elemento de montante e o segundo corresponde ao elemento de jusante.

Como Piedade de Caratinga é constituída por pavimentação asfáltica, foi retirado da Figura 7 o coeficiente de runoff, tendo o valor 0,95 enquadrando nas características dos pavimentos do município.

Figura 7: Coeficiente de runoff

Tipo de superfície	Coeficiente de runoff	Tipo de superfície	Coeficiente de runoff
Pavimento asfáltico	0,95	Gramado plano entre 0 e 1% de decl.	0,25
Pavimento concreto	0,95	Gramado médio entre 1% a 3% de decl.	0,35
Pavimento de tijolos	0,85	Gramado alto entre 3% a 10% de decl.	0,4
Pavimento de pedras	0,75	Gramado muito alto >10% de decl.	0,45
Telhado linha base	0,95	Vegetação plana (0 a 1% de decl.)	0,1
Telhado verde < 10cm	0,50	Vegetação média (0 a 1% de decl.)	0,2
Telhado verde entre 10cm e 20cm	0,30	Vegetação alta (0 a 1% de decl.)	0,25
Telhado verde entre 20cm e 50cm	0,20	Vegetação muito alta (a 1% de decl.)	0,3
Telhado verde > 50cm	0,10		

Fonte: Tomaz, 2009

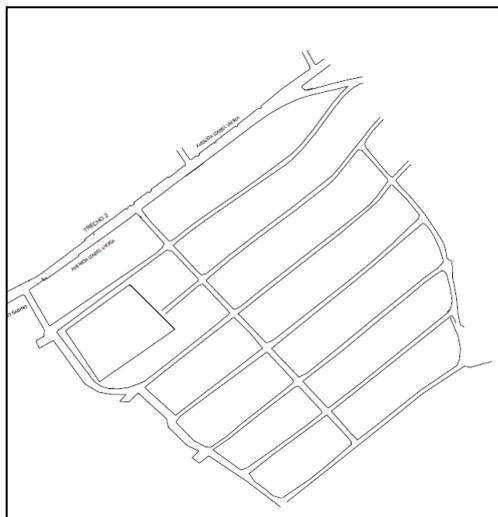
Para o cálculo da intensidade pluviométrica do projeto, foi utilizada a equação 2.13, onde foi calculado para 8 anos e um tempo de concentração de chuva de 60 minutos, obtendo assim um coeficiente no valor de 1,02.

$$i = \frac{29,3749 \times 30^{0,1471}}{(60 + 16,3)^{0,845718}} = 1,02$$

3.6 Redimensionamento do sistema de drenagem pluvial de Piedade de Caratinga

Diante do problema apresentado, foi proposto um redimensionamento do sistema de drenagem do trecho, visando assim à solução para o determinado problema.

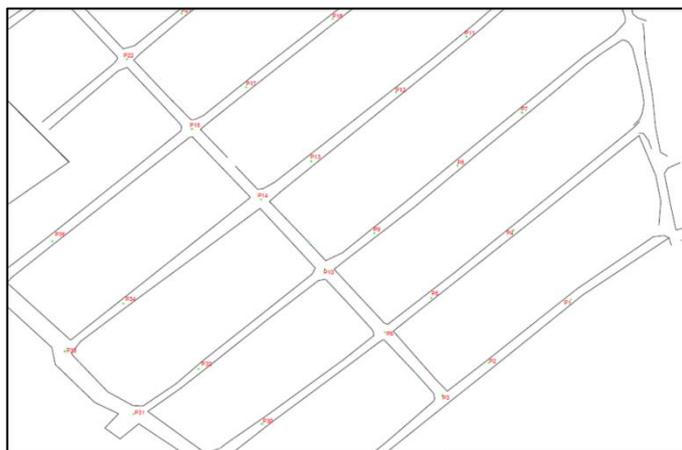
Foram dimensionadas apenas as ruas que contribuem diretamente na Avenida Isabel Vieira que é o foco do trabalho, na Figura 23 demonstra todos os trechos que foram projetados.

Figura 23 Área projetada

Fonte: Os autores, 2017

Logo após foi feito o lançamento dos PVS (poços de visita) nos trechos analisados, foi feito o lançamento com uma distância média de 60 metros entre os PVS, distância escolhida para facilitar na hora da limpeza e manutenção dos mesmos, tendo ao total 44 PVS lançados. Com o lançamento, foi possível determinar a vazão da montante e da jusante de cada trecho.

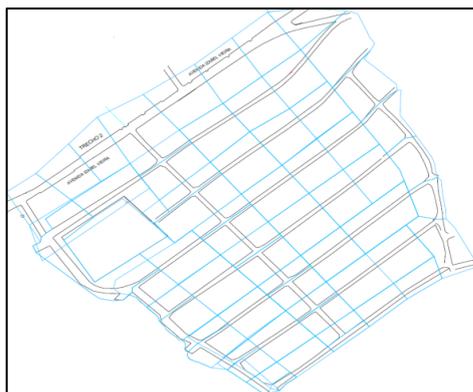
A Figura 24 a seguir demonstra a distribuição dos poços de visita nos trechos que foram dimensionados.

Figura 24: Trechos que foram calculados

Fonte: Os autores, 2017

Logo após o lançamento dos poços de visitas, foi feita a delimitação da bacia de contribuição de cada trecho, formando uma malha de áreas de influência, conforme é demonstrado na figura a baixo.

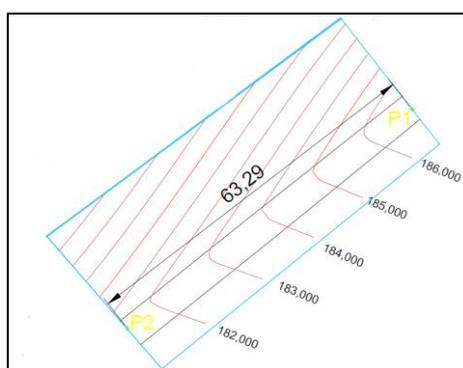
Figura 25 Delimitação das bacias contribuintes



Fonte: Os autores, 2017

Para o redimensionamento foi utilizado a planilha de cálculo (Figura 22) para facilitar o mesmo e deixar mais confiável os valores obtidos. Como se trata de um cálculo repetitivo para cada trecho, será demonstrado como foi realizado o dimensionamento do Pv1 ao Pv2 para o melhor entendimento, sendo que, os outros trechos seguiram o mesmo roteiro de dimensionamento, a Figura 26 a seguir exemplifica de onde os dados são tirados de cada trecho para o lançamento na planilha.

Figura 26: Dimensionamento do Pv1-Pv2



Fonte: Os autores, 2017

Primeiramente foi lançado na tabela a extensão do trecho P1-P2, para saber a área de contribuição da bacia do trecho, foi utilizado a ferramenta AutoCad, traçando um reta ao seu entorno, por meio do comando “polilyne” foi possível saber com precisão o valor requerido para o uso na tabela.

Logo após foi lançado um valor do diâmetro (400, 600, 800, 1000, 1200, 1500) que será usado no projeto, visando sempre à economia, e não se esquecendo da relação H/D e a velocidade.

A cota do PV do terreno foi retirada do levantamento planialtimétrico, tirando assim a cota da montante e da Jusante, nesse caso o PV1 sendo a montante e o PV2 sendo a jusante, como demonstra na Figura 27, na cota inferior da galeria foi descontado o valor do recobrimento mais o diâmetro escolhido.

Figura 27: Montante e Jusante do trecho PV1-PV2



Fonte: Os autores, 2017

Após o lançamento dos dados na planilha, foram obtidos os seguintes resultados, como demonstrado na Figura 28.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Capacidade das galerias existentes

Após o levantamento de dados relacionados ao projeto existente e aos cálculos, foram obtidos os seguintes resultados da rede pluvial existente na Avenida Isabel Vieira.

Figura 29: Resultados obtidos do sistema de drenagem existente no local I.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		c	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)	Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)
		Trecho	Total							Mont.	Jus.	
b1-b2	118,00	44.234,68	44.234,6800	0,95	1,0200	0,7144	0,7144	0,5144	600	100,500	99,500	0,0085
b2-b3	103,00	1.325,79	45.560,4700	0,95	1,0200	0,0214	0,7358	1,4522	800	99,500	98,000	0,0146
								0,0000				
b4-b5	14,51	117.826,47	117.826,4700	0,95	1,0200	1,9029	1,9029	3,5319	800	101,000	99,500	0,1034
b5-b6	94,00	3.400,72	121.227,1900	0,95	1,0200	0,0549	1,9578	1,0309	600	99,500	97,800	0,0181

Fonte: Os autores, 2017

Figura 30: Resultados obtidos do sistema de drenagem existente no local II.

Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
mont.	jus.		mont.	jus.							
99,400	98,400	0,0085	1,1000	1,1000	0,45453	14,5347	832,7779	0,2232	0,6126	1,1662	1,6864
98,400	96,900	0,0146	1,1000	2,2000	0,16583	3,2105	183,9509	0,5172	0,2624	2,8046	0,6121
99,950	98,700	0,0861	1,0500	0,8000	0,17632	3,2933	188,6911	0,5379	0,2756	6,9058	0,0350
98,700	95,500	0,0340	0,8000	2,3000	0,62151	107,1077	6.136,8207	0,9946	4,8068	0,4073	3,8465

Fonte: Os autores, 2017

Para haver uma padronização e uma verificação se o trecho obteve um êxito em seu dimensionamento, usou-se a relação altura-diâmetro ($0,10 < h/d < 0,85$), e a velocidade ($0,75 \text{ m/s} < V < 5 \text{ m/s}$).

Analisando a Figura 30 pode se observar que o trecho b4-b5, b5,b6 não estão dentro o permitido, o trecho b4-b5 está acima da velocidade permitida, quando ocorre essa situação, pode haver um risco de danificar a rede através de uma pressão dentro do tubo.

O trecho b5-b6 está com uma velocidade abaixo do permitido, dificultando a auto limpeza do sistema de drenagem, fazendo com que aumente a possibilidade de entupimento, devido ao deposito de sedimentos, e lixos descartados de forma incorreta por moradores.

Os trechos p2-p3 e p5-p6 foram instalados em locais que hoje existem edificações, como é demonstrado no Apêndice A, não sendo possível realizar manutenções e limpezas, se futuramente houver algum problema, as edificações sofreram grandes danos aumentando assim os prejuízos relacionados às águas pluviais.

Pode-se perceber que em todos os trechos não foram respeitado o cobrimento mínimo exigido, de 1 metro mais o diâmetro, os trechos analisados possuem em média um cobrimento de 40 cm, o que se torna arriscado ocorrer fissuras nos tubos devido a cargas dos veículos.

Na visita ao local pode se notar que não existem poços de visitas, dificultando a manutenção e limpeza dos tubos, as bocas e lobo são ligadas a uma rede principal que está debaixo do solo com um cobrimento fora do mínimo permitido, aumentando ainda mais o risco de problemas.

A área do trecho que mais sofre com problemas de alagamentos, não possui um sistema de drenagem, colaborando assim para agravamento do problema.

4.2 Redimensionamento do sistema de drenagem

Devido os dados de alguns trechos na tabela não estarem dentro o permitido e por não haver um sistema em trechos que possuem o problema, elaborou-se um redimensionamento do sistema, buscando atender todos os critérios exigidos por norma, sendo possível padronizar a relação altura-diâmetro e a velocidade.

As figuras a seguir demonstram os diâmetros necessários no sistema de drenagem do local.

Figura 31: Resultados obtidos após os cálculos I

	Ext (m)	Área (m ²)		c	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)	Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)
		Trecho	Total							Mont.	Jus.	
P1-P2	63,29	3.663,61	3.663,61	0,95	1,02	0,06	0,06	0,53	400,00	186,50	181,50	0,079
P2-P3	33,94	1.883,54	5.547,15	0,95	1,02	0,03	0,09	0,33	400,00	181,50	180,50	0,029
P3-P6	51,82	3.201,00	8.748,15	0,95	1,02	0,05	0,14	6,25	800,00	180,50	166,50	0,270
P4-P5	64,59	7.271,44	7.271,44	0,95	1,02	0,12	0,12	0,41	400,00	171,50	168,50	0,046
P5-P6	34,82	3.409,44	10.697,35	0,95	1,02	0,06	0,17	0,45	400,00	168,50	166,50	0,057
P6-P10	53,00	3.542,48	19.445,50	0,95	1,02	0,06	0,31	18,36	1.200,00	166,50	149,00	0,330
P7-P8	50,71	4.912,92	4.912,92	0,95	1,02	0,08	0,08	0,53	400,00	162,50	158,50	0,079
P8-P9	65,00	3.272,78	8.185,70	0,95	1,02	0,05	0,13	0,56	400,00	158,50	153,50	0,077
P9-P10	37,03	3.434,02	11.619,72	0,95	1,02	0,06	0,19	0,70	400,00	153,50	149,00	0,122
P10-P14	57,45	4.148,11	35.213,33	0,95	1,02	0,07	0,57	23,24	1.500,00	149,00	136,00	0,226
P11-P12	54,69	6.920,61	6.920,61	0,95	1,02	0,11	0,11	0,51	400,00	147,50	143,50	0,073
P12-P13	66,19	4.184,88	11.105,49	0,95	1,02	0,07	0,18	0,52	400,00	143,50	138,50	0,076
P13-P14	38,50	4.823,60	15.929,09	0,95	1,02	0,08	0,26	0,48	400,00	138,50	136,00	0,065
P14-P18	59,95	4.654,61	55.797,03	0,95	1,02	0,08	0,90	16,41	1.500,00	136,00	126,00	0,167
P15-P16	57,46	6.460,32	6.460,32	0,95	1,02	0,10	0,10	0,43	400,00	133,50	130,50	0,052
P16-P17	66,93	3.520,91	9.981,23	0,95	1,02	0,06	0,16	0,40	400,00	130,50	127,50	0,045
P17-P18	41,56	4.131,25	14.112,48	0,95	1,02	0,07	0,23	0,36	400,00	127,50	126,00	0,036
P18-P22	57,95	4.754,00	74.663,51	0,95	1,02	0,08	1,21	14,64	1.500,00	126,00	117,00	0,155
P19-P20	60,09	6.960,34	6.960,34	0,95	1,02	0,11	0,11	0,39	400,00	121,50	119,50	0,033
P20-P21	67,12	4.164,60	11.124,94	0,95	1,02	0,07	0,18	0,37	400,00	119,50	117,50	0,030
P21-P22	43,42	6.832,87	17.957,81	0,95	1,02	0,11	0,29	0,30	400,00	117,50	117,00	0,012
P22-P26	61,27	5.146,86	97.768,18	0,95	1,02	0,08	1,58	13,50	1.500,00	117,00	107,80	0,150
P23-P24	62,57	7.032,85	7.032,85	0,95	1,02	0,11	0,11	0,17	400,00	109,50	109,00	0,008
P24-P25	67,60	3.846,05	10.878,90	0,95	1,02	0,06	0,18	0,16	400,00	109,00	108,50	0,007
P25-P26	46,38	5.179,39	16.058,29	0,95	1,02	0,08	0,26	0,23	400,00	108,50	107,80	0,015
P26-P42	62,68	4.000,00	117.826,47	0,95	1,02	0,06	1,90	12,32	1.500,00	107,80	100,00	0,124
P27-P28	34,94	3.123,52	3.123,52	0,95	1,02	0,05	0,05	0,45	400,00	178,50	176,50	0,057
P28-P29	59,05	1.333,22	4.456,74	0,95	1,02	0,02	0,07	1,00	400,00	176,50	160,00	0,279
P30-P29	38,77	5.558,44	5.558,44	0,95	1,02	0,09	0,09	0,65	400,00	164,50	160,00	0,116
P29-P31	55,27	2.210,30	12.225,48	0,95	1,02	0,04	0,20	11,18	1.000,00	160,00	145,50	0,262
P32-P31	48,11	6.782,17	6.782,17	0,95	1,02	0,11	0,11	0,47	400,00	148,50	145,50	0,062
P31-P33	56,31	2.061,27	14.286,75	0,95	1,02	0,03	0,23	16,38	1.200,00	145,50	133,50	0,213
P34-P33	46,04	8.152,31	8.152,31	0,95	1,02	0,13	0,13	0,28	400,00	133,50	132,50	0,022
P33-P35	59,97	1.646,02	24.085,08	0,95	1,02	0,03	0,39	13,74	1.200,00	132,50	119,50	0,217
P36-P35	43,97	6.520,91	6.520,91	0,95	1,02	0,11	0,11	0,40	400,00	121,50	119,50	0,045
P35-P35A	63,20	1.371,49	31.977,48	0,95	1,02	0,02	0,52	0,48	400,00	119,50	115,50	0,063
P35A-P37	80,74	2.470,51	34.447,99	0,95	1,02	0,04	0,56	23,74	1.500,00	115,50	104,50	0,136
P38-P37	64,46	7.820,33	7.820,33	0,95	1,02	0,13	0,13	0,17	400,00	104,00	103,50	0,008
P37-P39	62,53	1.966,36	44.234,68	0,95	1,02	0,03	0,71	0,71	600,00	104,00	103,00	0,016
P39-P40	63,95	2.292,00	46.526,68	0,95	1,02	0,04	0,75	1,84	800,00	103,00	101,50	0,023
P40-P41	56,03	2.643,81	49.170,49	0,95	1,02	0,04	0,79	1,83	800,00	101,50	100,00	0,027
P41-P42	52,38	2.739,84	51.910,33	0,95	1,02	0,04	0,84	1,05	800,00	100,00	99,80	0,004
P42-P43	88,15	2.428,51	172.165,31	0,95	1,02	0,04	2,78	5,31	1.500,00	99,80	99,70	0,001
P43-P44	50,95	2.327,28	174.492,59	0,95	1,02	0,04	2,82	4,94	1.500,00	99,70	99,60	0,002

Fonte: Os autores, 2017

Figura 32: Resultados obtidos após os cálculos II

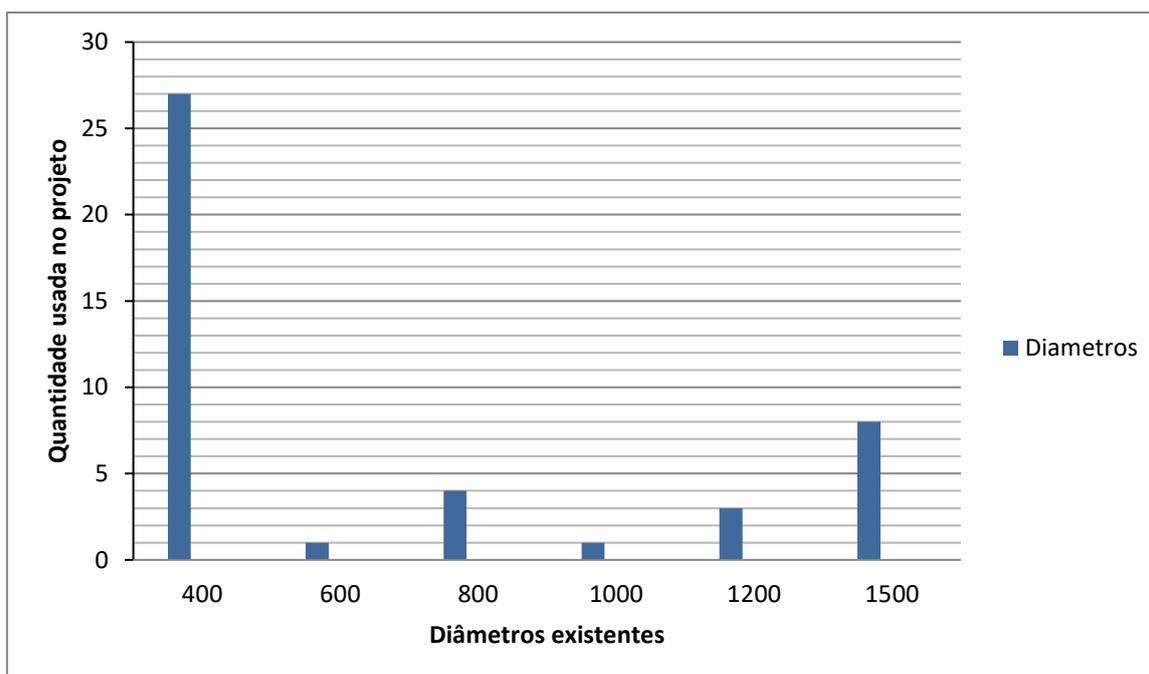
Trecho	Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
	mont.	jus.		mont.	jus.							
P1-P2	185,10	180,10	0,08	1,40	1,40	0,04	2,00	114,49	0,2295	0,0218	2,7186	0,3880
P2-P3	180,10	179,10	0,03	1,40	1,40	0,09	2,62	149,83	0,3699	0,0423	2,1204	0,2668
P3-P6	178,50	164,50	0,27	2,00	2,00	0,01	1,37	78,52	0,1129	0,0312	4,5229	0,1910
P4-P5	170,10	167,10	0,05	1,40	1,40	0,09	2,65	151,74	0,3779	0,0435	2,6997	0,3988
P5-P6	167,10	165,10	0,06	1,40	1,40	0,12	2,89	165,52	0,4370	0,0528	3,2735	0,1773
P6-P10	161,00	146,80	0,27	5,50	2,20	0,01	1,32	75,59	0,1049	0,0631	4,9733	0,1776
P7-P8	160,50	156,50	0,08	2,00	2,00	0,05	2,18	125,11	0,2696	0,0273	2,9052	0,2909
P8-P9	157,10	151,50	0,09	1,40	2,00	0,08	2,51	143,55	0,3436	0,0382	3,4585	0,3132
P9-P10	152,10	147,00	0,14	1,40	2,00	0,09	2,59	148,45	0,3641	0,0414	4,5376	0,1360
P10-P14	141,00	133,50	0,13	8,00	2,50	0,01	1,39	79,50	0,1156	0,1137	5,0011	0,1915
P11-P12	146,10	142,10	0,07	1,40	1,40	0,07	2,44	140,01	0,3290	0,0360	3,1030	0,2938
P12-P13	142,10	137,10	0,08	1,40	1,40	0,11	2,80	160,28	0,4144	0,0492	3,6456	0,3026
P13-P14	137,10	134,60	0,06	1,40	1,40	0,17	3,28	187,79	0,5340	0,0683	3,7685	0,1703
P14-P18	127,40	123,50	0,07	8,60	2,50	0,02	1,64	93,92	0,1587	0,1804	4,9943	0,2001
P15-P16	132,10	129,10	0,05	1,40	1,40	0,08	2,52	144,12	0,3460	0,0386	2,7040	0,3542
P16-P17	129,10	126,10	0,04	1,40	1,40	0,13	2,94	168,62	0,4504	0,0549	2,9356	0,3800
P17-P18	126,10	124,60	0,04	1,40	1,40	0,21	3,54	202,58	0,5979	0,0784	2,9073	0,2383
P18-P22	117,50	114,50	0,05	8,50	2,50	0,03	1,83	104,83	0,1950	0,2427	4,9684	0,1944
P19-P20	120,10	117,50	0,04	1,40	2,00	0,09	2,64	151,37	0,3764	0,0433	2,5987	0,3854
P20-P21	118,10	115,50	0,04	1,40	2,00	0,16	3,15	180,27	0,5012	0,0630	2,8510	0,3924
P21-P22	116,10	115,00	0,03	1,40	2,00	0,31	4,58	262,48	0,8296	0,1115	2,6022	0,2781
P22-P26	108,50	105,80	0,04	8,50	2,00	0,04	2,03	116,27	0,2360	0,3186	4,9566	0,2060
P23-P24	108,10	107,60	0,01	1,40	1,40	0,22	3,63	208,05	0,6212	0,0820	1,3847	0,7531
P24-P25	107,60	107,10	0,01	1,40	1,40	0,35	5,48	314,25	0,9607	0,1240	1,4167	0,7953
P25-P26	107,10	106,40	0,02	1,40	1,40	0,36	5,92	339,07	0,9917	0,1255	2,0664	0,3741
P26-P42	99,80	97,50	0,04	8,00	2,50	0,05	2,21	126,45	0,2747	0,3944	4,8243	0,2165
P27-P28	177,10	175,10	0,06	1,40	1,40	0,04	2,00	114,54	0,2297	0,0218	2,3149	0,2516
P28-P29	175,10	158,60	0,28	1,40	1,40	0,02	1,76	100,85	0,1815	0,0156	4,6251	0,2128
P30-P29	163,10	158,60	0,12	1,40	1,40	0,05	2,14	122,51	0,2596	0,0259	3,4660	0,1864
P29-P31	158,00	143,50	0,26	2,00	2,00	0,01	1,32	75,90	0,1057	0,0444	4,4512	0,2069
P32-P31	147,10	144,10	0,06	1,40	1,40	0,08	2,49	142,45	0,3391	0,0375	2,9180	0,2748
P31-P33	143,30	131,30	0,21	2,20	2,20	0,00	1,29	73,94	0,1005	0,0593	3,8893	0,2413
P34-P33	132,10	131,10	0,02	1,40	1,40	0,15	3,12	178,76	0,4946	0,0620	2,1248	0,3611
P33-P35	126,30	117,30	0,15	6,20	2,20	0,01	1,42	81,47	0,1211	0,0779	4,9914	0,2002
P36-P35	120,10	118,10	0,05	1,40	1,40	0,09	2,57	147,43	0,3598	0,0407	2,5877	0,2832
P35-P35A	118,10	114,10	0,06	1,40	1,40	0,35	5,54	317,53	0,9661	0,1243	4,1533	0,2536
P35A-P37	113,00	102,00	0,14	2,50	2,50	0,01	1,38	78,96	0,1141	0,1116	4,9868	0,2698
P38-P37	102,60	102,10	0,01	1,40	1,40	0,25	3,85	220,75	0,6741	0,0901	1,4016	0,7665
P37-P39	102,40	101,40	0,02	1,60	1,60	0,33	4,89	280,21	0,8836	0,2644	2,7023	0,3857
P39-P40	101,20	99,70	0,0235	1,80	1,80	0,13	2,96	169,48	0,4542	0,2220	3,3842	0,3149
P40-P41	99,50	98,20	0,0232	2,00	1,80	0,14	3,02	173,18	0,4703	0,2323	3,4182	0,2732
P41-P42	98,20	97,80	0,0076	1,80	2,00	0,26	3,96	227,05	0,6996	0,3756	2,2322	0,3911
P42-P43	97,30	96,70	0,0068	2,50	3,00	0,17	3,25	186,49	0,5283	0,9473	2,9353	0,5005
P43-P44	97,70	97,40	0,0059	2,00	2,20	0,19	3,38	193,44	0,5585	1,0149	2,7766	0,3058

Fonte: Os autores, 2017

No redimensionamento foi adicionados novos PVs em áreas que sofrem com o problema e não os possuem. Como se pode observar nas tabelas, todos os resultados ficaram dentro do permitido, a relação H/D e a V(m/s) foram todas respeitadas, e em todos os trechos calculados foi sempre levado em consideração à economia do projeto, buscando sempre fazer o uso de diâmetros menores que economizaria na escavação.

Como se trata de uma área que contém trechos com níveis diferentes, foi obtido uma variedade de diâmetros usados, no Figura 27 a seguir, demonstra o número de trechos que usaram os diâmetros comercializados hoje no mercado.

Figura 33: Gráfico dos diâmetros usados no projeto de drenagem



Fonte: Os autores, 2017

Pode-se observar no gráfico acima, o diâmetro mais usado no projeto foi o de 400 mm, sendo usado em áreas que contém uma declividade baixa cuja velocidade não seria elevada, o diâmetro de 1500 mm foi usado em trechos que possuem uma declividade alta e que recebiam contribuições de outros trechos, onde os mesmos tiveram que ter uma profundidade de galeria mais elevada que os demais, pois se não fosse tomado essa atitude a relação H/D e a $V(m/s)$ não seria respeitada.

O Apêndice B a seguir, demonstra detalhadamente os resultados do dimensionamento da Avenida Isabel Vieira, contendo respectivamente a distancia entre cada trecho, a declividade e o diâmetro em que os trechos estudados ficaram entre os limites exigidos.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Diante da pesquisa realizada, pode-se perceber a grande importância de um sistema de drenagem no meio urbano, ele está ligado diretamente na qualidade de vida dos moradores que residem na cidade, e a presença de um sistema cuja eficácia não é atingida, pode acarretar em vários problemas materiais quanto pessoais.

Antes de fazer o dimensionamento do sistema de drenagem de Piedade de Caratinga, buscou-se avaliar quais as condições atuais do sistema que já existe na cidade, buscando saber se era realmente preciso fazer o redimensionamento, foi percebido que na área de estudo existem poucas bocas de lobo para fazer a captação d'água pluvial.

Pode-se perceber a qualidade de limpeza que o órgão público oferece aos moradores, visitas de responsáveis pela limpeza nos pontos de estudo eram constante, colaborando para que não haja obstrução das bocas de lobo existentes nos trechos.

O objetivo desse trabalho foi realizar o redimensionamento do sistema de drenagem da Avenida Isabel Vieira em Piedade de Caratinga se fosse preciso, onde vem sofrendo com grandes problemas relacionados a alagamentos. O sofrimento dos moradores foi um dos grandes fatores para influenciar a pesquisa, pois notamos que com o passar do tempo o problema só agrava.

A escolha do trecho baseou-se em relatos de moradores, onde nos disseram que é o local que mais sofre com o problema. A busca de dados no município mostrou a carência de documentos, pois o atual sistema de drenagem que está instalado no município, não possui projeto na prefeitura, mais tendo uma enorme colaboração dos moradores, os mesmos nos disponibilizaram fotos de arquivos pessoais, e tiveram dispostos a contar sobre todos os danos sofridos por eles diante desse problema.

Pode-se perceber que em alguns trechos que sofrem com o problema, o sistema de drenagem não estava presente, agravando ainda mais a situação do município. A pesquisa nos mostra a ineficiência do sistema de drenagem existente, contendo diâmetros que não atendem as exigências mínimas, e cobrimentos nos quais estão totalmente fora do permitido.

Os objetivos desse trabalho foram alcançados, foi feito um novo redimensionamento do sistema de drenagem da Avenida Isabel Vieira, sendo feitas as alterações necessárias, colocando novos trechos e diâmetros que atendem a relação altura-diâmetro e da velocidade, tornando o sistema eficiente.

5.2 Recomendações

Ao final desse trabalho sugerem-se linhas de pesquisas para trabalhos futuros.

- Análise do índice de impermeabilidade do solo existente em Piedade de Caratinga.
- Estudo sobre a conscientização dos moradores do município sobre a importância do zelo do sistema de drenagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645**. Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. São Paulo, 2008

MARTINS R.; **Gerenciamento da drenagem urbana São Paulo**; São Paulo; Universidade Anhembi, Morumbi; 2006.

PARNOFF BELLÉ, J. Avaliação da eficácia do sistema de drenagem urbana estudo de caso: Ijuí-RS. 2011 Trabalho de graduação (Graduação em Engenharia Civil)- Departamento de ciências exatas e engenharias.

NETO, Antônio Cardoso. **Sistemas urbanos de drenagem**. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio Cardoso Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/AntonioCardosoNeto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em: 10 setembro. 2017.

PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso em: 17/10/2017

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS: memorial descritivo de procedimentos e especificações técnicas. Disponível em: <http://www.ufvjm.edu.br/licitacoes/home/doc_view/4290-memorial-descritivo-e-especificacoes-tecnicas.html>. Acesso em 19 de outubro de 2017

TUCCI, Carlos E. M., “**ÁGUA NO MEIO URBANO**” disponível em: <http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf> Acesso em: 1 novembro 2017.

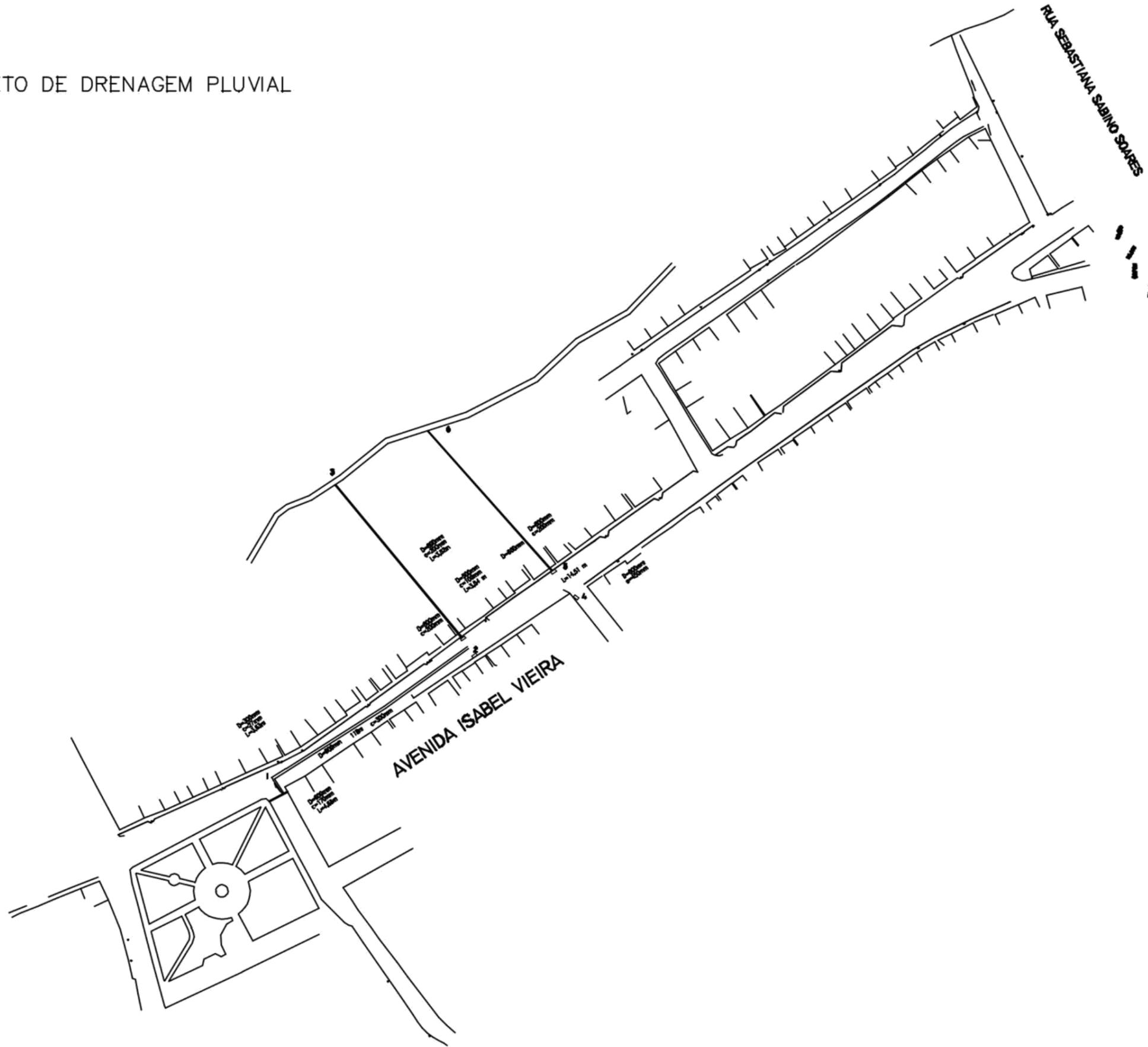
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade. Microdreganem Urbana. 2015. 48 p. Artigo científico (Arquitetura e Urbanismo)- Faculdade de Arquitetura e urbanismo, São Paulo, 2015.

CREA MG E FUSANA. Convênio. TERMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA. [S.l.]: CREA-MG - FUNASA, 2013. 34 p.

HANSMANN, Henrique Zanotta. Monografia. Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS. 2013. 63 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Ambiental Sanitária)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2013.

APÊNDICE A

PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL



APÊNDICE B

PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL

