

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

LUANA NOGUEIRA MATIAS

**PROPOSTAS PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA
TOLEDO PIZA EM CAMPANHA – MG**

**VARGINHA
2016**

LUANA NOGUEIRA MATIAS

**PROPOSTAS PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA
TOLEDO PIZA EM CAMPANHA – MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob a orientação da Prof.^a M.^a Ivana Prado de Vasconcelos.

**VARGINHA
2016**

LUANA NOGUEIRA MATIAS

**PROPOSTAS PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA
TOLEDO PIZA EM CAMPANHA - MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 29/11/2016

Prof. Me. Ivana Prado de Vascelos (Orientadora)

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Júnior

Prof. Esp. Luana Ferreira

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de uma maneira especial:

A Deus, a quem devo minha vida e tudo que sou.

A minha família por todo o apoio nos estudos e nas escolhas tomadas, em especial aos meus pais, minha irmã e minha gatinha (Lilly, considero uma filha), por estarem sempre ao meu lado acreditando no meu potencial e nos meus sonhos, não medindo esforços para me ajudarem.

A orientadora Prof.^a M.^a Ivana Prado de Vasconcelos pelo papel fundamental neste trabalho. Dedicção, incentivo e paciência é o seu lema. Sempre está de portas abertas para ensinar e transmitir o conhecimento aos alunos.

A Prof.^a Maria Aparecida Paiva Prock pela dedicação, amizade e por sempre estar ao meu lado me ajudando e incentivando.

A todos os professores do UNIS-MG que contribuíram para a minha formação acadêmica, me orientando não só dentro da faculdade, mas também nas minhas ações de ser humano junto à sociedade.

Ao Engenheiro Civil Marcílio Cândido Rufino pela disponibilidade e informações cedidas.

Aos meus amigos pelo companheirismo e amizade durante todos os períodos, principalmente nos momentos mais difíceis.

“Não tentes com vontade de ganhar apenas, tente para vencer a si mesmo e perceber que é melhor do que era ontem! Vença só dignamente, assim tu serás gente ... gente ardente, contente ... Não faça por fazer, faça com vontade de servir, mesmo sem nada vir. Sirva docemente, sem interesse! Assim ... com o coração somente. E com relação aos seus sonhos, nunca deixa de persistir, pois melhor que sonhar é realizar!”

Raimundo Grossi

RESUMO

A ocupação das áreas urbanas de forma desordenada provoca efeitos diretamente nos recursos hídricos no meio ambiente antrópico. O sistema de drenagem tem a finalidade de prevenir as inundações e minimizar os impactos que deteorizam a qualidade de vida da população. O problema de drenagem urbana, embora seja um item básico e fundamental do planejamento urbano é tratado na maioria das vezes de forma parcial e superficial, com projetos de engenharia deficientes ou mal executados, incompatíveis com o custo da obra. Na Rua Toledo Piza em Campanha-MG, todos os anos ocorrem inundações nos períodos com altos índices pluviométricos, causando transtornos para a população. O presente trabalho tem o objetivo de caracterizar o local em estudo e a bacia de contribuição, diagnosticar o sistema de microdrenagem existente e elaborar um projeto para solucionar o respectivo sistema. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, visitas *in loco*, estudos hidráulicos e hidrológicos. Dessa forma foram realizados verificações e dimensionamentos dos componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem. No projeto foi proposto a implantação de sarjetões, a implantação de novas bocas de lobo para captar as águas pluviais, a criação de uma viela sanitária e a substituição das redes de galerias, pois as mesmas não comportam as vazões de demanda. Com a implantação do projeto, ocorrerá o adequado escoamento das águas pluviais e minimizará os impactos que a população sofre, principalmente, as inundações.

Palavras chaves: Sistema de microdrenagem. Inundações. Projeto.

ABSTRACT

The occupation of urban areas in a disorderly manner causes effects directly on water resources in the human environment. The drainage system has the finality of preventing this phenomenon and minimizing the impacts that deteriorate the life quality of the population. The problem of urban drainage, although it is a basic and fundamental item for the urban planning is managed most of the time in a partial and superficial way, with deficient or badly executed engineering projects, incompatible with the cost of the work. On the Toledo Piza Street in Campanha, MG, every year there are inundations in the periods of high levels of rainfall, causing inconveniences for the population. This study aims to characterize the location study and the contribution basin, diagnose existing microdrainage system and draw up a project to solve the respective system. For this, a literature review was conducted on-site visits, hydraulic and hydrologic studies. Thus scans were performed and sizing of the components of microdrainage system. The project was proposed deploying sarjetões, the implementation of new mouths of wolves to capture rainwater, creating a health alley and replacing the network of galleries of Rua José Nani and Toledo Piza Street, they will not contain the flow demand. With the implementation of the project, will take place the proper drainage of rainwater and minimize the impacts that the population suffers mainly floods.

Keywords: *Micro drainage system. Flooding. Project.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista da Rua Toledo Piza.....	17
Figura 2 - Boca de lobo assoreada.....	19
Figura 3 - Galeria quadrada da Rua Doutor Brandão	19
Figura 4 - Sarjeta danificada.....	20
Figura 5 - Inundação na Rua Toledo Piza	21
Figura 6 - Bacia de contribuição.....	22
Figura 7 - Elementos hidráulicos	40
Figura 8 - Elementos hidráulicos característicos das seções circulares	42
Figura 9 - Relatório do software Plúvio	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Recuperação das sarjetas	26
Quadro 2 - Diâmetro existente x Diâmetro necessário, por trecho.....	26
Quadro 3 - Tempo de retorno para diferentes ocupações da área.....	19
Quadro 4 - Coeficiente de <i>runnof</i> - Método Racional	32
Quadro 5 - Coeficiente de rugosidade de <i>Manning</i>	36
Quadro 6 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seções circulares das galerias de águas pluviais	40
Quadro 7 - Áreas da bacia de contribuição	49
Quadro 8 - Vazão pluvial (m ³ /s): margem direita.....	51
Quadro 9 - Vazão pluvial (m ³ /s): margem esquerda.....	52
Quadro 10 - Dados do dimensionamento das sarjetas	53
Quadro 11 - Dimensionamento das sarjetas: margem direita.....	54
Quadro 12 - Dimensionamento das sarjetas: margem esquerda.....	55
Quadro 13 - Dimensionamento das galerias.....	56
Quadro 14 - Dimensionamento dos poços de visita	57
Quadro 15- Verificação das bocas de lobo existentes	58
Quadro 16 - Dimensionamento das bocas de lobo necessárias: margem direita.....	59
Quadro 17 -Dimensionamento das bocas de lobo necessárias: margem esquerda	59
Quadro 18 -Dimensionamento da tubulação secundária: margem direita	60
Quadro 19 - Dimensionamento da tubulação secundária: margem esquerda	60
Quadro 20 - Estimativa de custo direto.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de redução de escoamento na sarjeta	37
Tabela 2 - Recobrimento mínimo das galerias	43
Tabela 3 - Declividade mínima das galerias	43
Tabela 4 - Dimensão A em função do diâmetro maior	44
Tabela 5 - Espaçamentos dos poços de visita.....	44
Tabela 6 - Quantitativos de áreas.....	48
Tabela 7 - Coeficiente de <i>runnof</i>	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 DIAGNÓSTICO.....	17
3.1 Caracterização do local de estudo	17
3.2 Caracterização do sistema de microdrenagem existente	18
4 PROJETO	22
4.1 Memorial descritivo	22
4.1.1 Dados da projetista.....	22
4.1.2 Localização da bacia	22
4.1.3 Apresentação.....	23
4.1.4 Concepção de projeto.....	23
4.1.5 Estudos hidrológicos	28
4.1.5.1 Bacia hidrográfica	28
4.1.5.2 Área da bacia.....	28
4.1.5.3 Declividade do curso d' água.....	28
4.1.5.4 Tempo de retorno	29
4.1.5.5 Comprimento do talvegue principal.....	30
4.1.5.6 Tempo de escoamento superficial.....	30
4.1.5.7 Tempo de concentração	30
4.1.5.8 Intensidade da chuva	31
4.1.5.9 Coeficiente de escoamento superficial	32
4.1.5.10 Vazão pluvial - Método Racional.....	33
4.1.6 Parâmetros de dimensionamento hidráulico	34
4.1.6.1 Sarjetas.....	34
4.1.6.1.1 Altura da lâmina d' água.....	35
4.1.6.1.2 Diferença de altura entre a sarjeta e a via	35
4.1.6.1.3 Inverso da declividade da sarjeta e da via	35
4.1.6.1.4 Coeficiente de rugosidade.....	36
4.1.6.1.5 Cálculo da vazão da sarjeta.....	37
4.1.6.1.6 Fator de redução do escoamento da sarjeta	37
4.1.6.1.7 Cálculo da vazão real da sarjeta	38
4.1.6.2 Galerias	38
4.1.6.2.1 Velocidade	38
4.1.6.2.2 Raio hidráulico	39
4.1.6.2.3 Geometria das galerias.....	39
4.1.6.2.4 Cálculo da vazão das galerias	41
4.1.6.2.5 Reajuste dos parâmetros da galeria	41
4.1.6.2.6 Recobrimento mínimo das galerias	43
4.1.6.2.7 Declividade mínima das galerias.....	43
4.1.6.3 Poços de visita.....	43

4.1.6.3.1 Dimensão dos poços de visita	44
4.1.6.3.2 Espaçamentos dos poços de visita	44
4.1.6.4 Bocas de lobo	44
4.1.6.5 Cálculo da boca de lobo com grelha	45
4.2 Memorial e planilhas de cálculo	46
4.2.1 Cálculos hidrológicos	46
4.2.1.1 Cálculo da declividade do curso d' água	46
4.2.1.2 Definição do tempo de retorno	46
4.2.1.3 Comprimento do talvegue principal	46
4.2.1.4 Cálculo do tempo de escoamento superficial	46
4.2.1.5 Cálculo do tempo de concentração.....	47
4.2.1.6 Parâmetros da equação da chuva.....	47
4.2.1.7 Cálculo da intensidade da precipitação	47
4.2.1.8 Cálculo do coeficiente de <i>runnof</i>	48
4.2.1.8.1 Quantitativo de áreas	48
4.2.1.8.2 Coeficiente de <i>runnof</i> para as áreas da bacia.....	48
4.2.1.8.3 Cálculo do coeficiente de <i>runnof</i> médio	48
4.2.2 Cálculos hidráulicos	49
4.2.2.1 Quadro de áreas da bacia de contribuição	49
4.2.2.2 Vazão pluvial - Margem direita	51
4.2.2.3 Vazão pluvial - Margem esquerda	52
4.2.2.4 Dados do dimensionamento das sarjetas	53
4.2.2.5 Dimensionamento das sarjetas - Margem direita.....	54
4.2.2.6 Dimensionamento das sarjetas - Margem esquerda	55
4.2.2.7 Dimensionamento das galerias	56
4.2.2.8 Dimensionamento dos poços de visita	57
4.2.2.9 Verificação das bocas de lobo existentes	58
4.2.2.10 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem direita	59
4.2.2.11 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem esquerda	59
4.2.2.12 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem direita.....	60
4.2.2.13 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem esquerda.....	60
4.3 Especificações dos serviços e materiais	61
4.3.1 Informações gerais	61
4.3.2 Especificações dos serviços	61
4.3.2.1 Serviços topográficos e de marcação em geral	61
4.3.2.2 Demolições	62
4.3.2.3 Escavação	62
4.3.2.4 Escoramento.....	64
4.3.2.5 Assentamento das tubulações e dos poços de visita.....	64
4.3.2.6 Reaterro de valas	64
4.3.2.6.1 Enchimento de valas.....	65
4.3.2.6.2 Adensamento.....	65
4.3.2.6.3 Compactação.....	66
4.3.2.7 Recuperação de sarjetas e implantação de sarjetões e bocas de lobo.....	66
4.3.2.8 Transporte de materiais	67
4.3.3 Especificações dos materiais	67
4.3.3.1 Aditivos	67
4.3.3.2 Agregados	67
4.3.3.3 Água	68
4.3.3.4 Bocas de lobo	68

4.3.3.5 Cal hidratada	69
4.3.3.6 Cimento	69
4.3.3.7 Concreto.....	69
4.3.3.8 Poços de visita.....	70
4.3.3.9 Tubos de concreto	70
4.3.3.10 Sarjetas e sarjetões.....	70
4.4 Quantitativos de projeto e estimativa de custo direto.....	71
5 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A - Sub bacias.....	78
APÊNDICE B - Planta baixa.....	80
APÊNDICE C - Perfis longitudinais da rede do sistema de microdrenagem	82
APÊNDICE D - Detalhes	86

1 INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas sem considerar suas limitações, o desmatamento, a substituição da cobertura vegetal natural, a ocupação das áreas de inundações, a impermeabilização das superfícies e o aumento dos deflúvios tem efeitos diretos no processo hidrológico que afeta os sistemas de drenagem urbana.

A urbanização caótica e o uso inadequado do solo implicam na diminuição da capacidade de infiltração e conseqüentemente no aumento do escoamento superficial que acarreta em inundações.

Segundo Wilken (1978) os projetos de drenagem urbana exigem verbas significativas do município, portanto, os engenheiros devem procurar soluções técnicas/econômicas mais convenientes, embora existam fatores que dificultam esse processo, tais como: incertezas de elementos do projeto de drenagem, falta de um processo de cálculo satisfatório e de material bibliográfico que contemple amplamente sobre o respectivo tema.

O sistema de drenagem urbana é composto pelos seguintes sistemas: microdrenagem e macrodrenagem. Quando os sistemas de drenagem não são inseridos inicialmente com o planejamento urbano, existe a probabilidade dos projetos futuros apresentarem elevado custo.

O dimensionamento de uma rede de águas pluviais deve considerar todas as peculiaridades da área em estudo e as projeções futuras da população para que os sistemas apresentem eficiência e funcionalidade.

Gribbin (2012) afirma que a gestão da drenagem urbana envolve o adequado escoamento das águas pluviais, com os objetivos de controlar as inundações, evitar o acúmulo de água parada e minimizar os prejuízos sociais, econômicos e ambientais causados pelas inundações.

O sistema de microdrenagem urbana é conhecido como coletor de águas pluviais e geralmente apresenta tempo de retorno entre 2 (dois) a 10 (dez) anos, variando de acordo com o tipo de ocupação da área.

Righetto et al. (2009) complementam que o sistema de microdrenagem tem o objetivo de atender à drenagem de precipitações de risco moderado, onde o escoamento das águas pluviais inicia nas sarjetas, são conduzidas para as bocas de lobo e posteriormente são transportadas para as galerias.

O sistema de macrodrenagem é caracterizado por estruturas de maiores dimensões e são projetadas para um período de retorno próximo de 100 (cem) anos.

A execução cuidadosa da obra conforme projeto e manutenção permanente, com limpeza e desobstrução dos elementos desses sistemas de drenagem urbana antes dos períodos chuvosos são fatores relevantes para o bom funcionamento dos mesmos.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre a Rua Toledo Piza, localizada na cidade de Campanha-MG. O local de estudo e a bacia de contribuição da respectiva rua foram caracterizados e diagnosticados. Constatou-se que a área em estudo refere-se a um sistema de microdrenagem urbana.

O objetivo deste trabalho é apresentar um projeto para solucionar o sistema de microdrenagem existente na Rua Toledo Piza e nas demais ruas pertencentes a essa bacia de contribuição. Foi verificado *in loco* que o respectivo sistema é precário, não contempla todos os componentes hidráulicos necessários para o bom funcionamento do mesmo e a população sofre anualmente com os problemas de inundações.

Danificação de sarjetas e pavimentos, assoreamentos, criação de pontos baixos e acúmulo de água, problemas no tráfego de veículos e pessoas quando ocorrem as inundações ou o fenômeno da aquaplanagem são outros impactos que a população sofre devido a ineficiência do sistema de microdrenagem existente.

Diante dos efeitos negativos da chuva e os impactos que a população está submetida, justifica-se a necessidade do projeto para solucionar o respectivo sistema de microdrenagem. Com a implantação do projeto, ocorrerá o adequado escoamento das águas pluviais, controle das inundações e redução dos danos sociais, econômicos e ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Propor soluções para o sistema de microdrenagem na Rua Toledo Piza, na cidade de Campanha-MG.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica;
- Delimitar a bacia de contribuição;
- Caracterizar o local de estudo e a bacia de contribuição;
- Realizar visitas *in loco*;
- Verificar a existência de projetos de engenharia na área em estudo;
- Diagnosticar o sistema de microdrenagem existente;
- Determinar a vazão pluvial de cada trecho da bacia de contribuição;
- Verificar e dimensionar os dispositivos hidráulicos necessários para solucionar o sistema de microdrenagem existente;
- Especificar os serviços e os materiais;
- Realizar o levantamento de quantitativos e uma estimativa de custo direto.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização do local de estudo

A área em estudo está localizada no centro da cidade de Campanha-MG. O ponto mais crítico encontra-se na Rua Toledo Piza, que fica situado nas coordenadas de latitude $21^{\circ}83'32,87''$ e longitude $45^{\circ}40'24,25''$. Esse trecho é relevante no estudo, pois apresenta consideráveis problemas de inundações, desencadeando diversos impactos para a população.

O trecho de análise é uma via coletora e nela predominam-se casas unifamiliares, com a presença de poucos pontos comerciais, situados nas próprias residências.

A via apresenta pavimentação asfáltica, possui extensão de 604,22 m (seiscentos e quatro vírgula vinte e dois metros) e largura de 5,20 m (cinco vírgula vinte metros).

Os componentes de microdrenagem são: sarjetas de concreto com largura de 50 cm (cinquenta centímetros) em cada margem. O meio fio é pré-moldado e possui 15 cm (quinze centímetros) de altura do pavimento, galeria circular com diâmetro igual a 600 mm (seiscentos milímetros) e bocas de lobo com grelhas de diversos tamanhos. Não existem sarjetões e poços de visita no trecho de análise. A Figura 1 ilustra a rua mais crítica da bacia de contribuição.

Figura 1 - Vista da Rua Toledo Piza



Fonte: A autora (2016)

3.2 Caracterização do sistema de microdrenagem existente

A ocupação urbana no local de estudo ocorreu de forma desordenada. Uma área considerável foi aterrada, com isto houve a redução do espaço natural destinado ao escoamento das vazões de enchentes, causando a impermeabilização do solo, gerando a redução da infiltração das águas pluviais, o aumento e a aceleração do escoamento superficial.

A bacia de contribuição foi delimitada através de cristas das curvas de níveis e apresenta uma área de 203.112,19 m² (duzentos e três mil e cento e doze vírgula dezenove metros quadrados).

Essa bacia é constituída de áreas residenciais com unidades múltiplas e áreas pavimentadas, onde existem 3 (três) tipos de pavimentação: asfáltica, paralelepípedos e blocos intertravados de concreto.

O sistema de microdrenagem apresenta os seguintes componentes: sarjetas, galerias e bocas de lobo. Não existem sarjetões e poços de visitas.

A rede de galerias existente não atende as vazões nas condições atuais. Na área em estudo é muito rara a manutenção do sistema de microdrenagem urbana e não existe nenhum projeto de microdrenagem.

Existem 53 (cinquenta e três) bocas de lobo na bacia de contribuição em estudo, classificadas como bocas de lobo com grelhas. Apenas 19 (dezenove) apresentam boas condições de funcionamento, as demais estão completamente assoreadas e obstruídas.

Diversos fatores contribuem para que as bocas de lobo não apresentem a capacidade de engolimento adequada, tais como:

- Danificações na estrutura das bocas de lobo;
- Assoreamento das bocas de lobo;
- Depósito irregular de resíduos sólidos nas calçadas, fator que contribui para a obstrução das bocas de lobo;
- Acúmulo de lixo no interior e na parte superior das bocas de lobo;
- Parte das grelhas são cobertas por camadas de pavimentação asfáltica;
- Grelhas largas;
- Falta da limpeza e manutenção das bocas de lobo.

A Figura 2 apresenta uma boca de lobo com grelhas largas, camada de pavimentação sob as grelhas e crescimento de vegetações. Esse dispositivo hidráulico encontra-se totalmente assoreado.

Figura 2 - Boca de lobo assoreada



Fonte: A autora (2016)

As galerias do sistema de microdrenagem existentes são antigas. Essas galerias apresentam seções transversais circulares e quadradas.

Na Rua Toledo Piza o diâmetro existente da rede é de 600 mm (seiscentos milímetros) e na Rua Doutor Brandão a galeria foi construída no ano de 1936 (mil novecentos e trinta e seis) e apresenta seção quadrada com dimensão de 600 mm (seiscentos milímetros). A Figura 3 ilustra um trecho dessa galeria.

Figura 3 - Galeria quadrada da Rua Doutor Brandão



Fonte: A autora (2016)

As sarjetas verificadas *in loco* apresentam diversas dimensões e são de concreto ou do próprio material constituinte da pavimentação da via. Em todas as ruas, o meio fio é pré-moldado e apresenta 15 cm (quinze centímetros) de altura do pavimento.

Constatou-se que algumas sarjetas não exercem seu papel no sistema de microdrenagem e existem alguns fatores que contribuem para o mesmo, tais como:

- Presença de vegetações e obstáculos que impedem o adequado escoamento das águas pluviais;
- Trechos de sarjetas danificados, apresentando trincas e em outros casos obstrução total do respectivo trecho;

Os fatores citados acima comprometem a eficiência desse dispositivo hidráulico. A Figura 4 apresenta um trecho de sarjeta danificada.

Figura 4 - Sarjeta danificada



Fonte: A autora (2016)

O ponto de análise mais crítico da bacia de contribuição é a Rua Toledo Piza. Os principais impactos observados são:

- Inundações;
- Danificação do pavimento;
- Criação de pontos baixos;
- Assoreamento;
- Problemas de segurança;

- Acúmulo de sedimentos;
- Perdas materiais;
- Interrupção das atividades dos locais atingidos pelas inundações.

A Figura 5 apresenta uma imagem referente à inundação da Rua Toledo Piza, onde existe alta impermeabilização dos terrenos dessa rua e ocupação das áreas de forma desordenada.

Figura 5 - Inundação na Rua Toledo Piza



Fonte: A autora (2016)

Os pontos receptores das águas pluviais da bacia de contribuição em estudo é um curso de água.

4 PROJETO

4.1 Memorial descritivo

4.1.1 Dados da projetista

Nome: Luana Nogueira Matias

Endereço: Rua François Muller Magne, nº 29 - Guanabara - Campanha/MG

CEP: 37.400-000

Telefone: (35) 98431-9680

4.1.2 Localização da bacia

A área da bacia de contribuição localiza-se no centro da cidade de Campanha-MG. A Figura 6 ilustra a delimitação dessa bacia.

Figura 6 - Bacia de contribuição



Fonte: Adaptado. Prefeitura Municipal da Campanha (2016)

4.1.3 Apresentação

O presente memorial apresenta a segunda etapa do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), para a solução do problema de microdrenagem que ocorre na área central da cidade de Campanha-MG, cuja bacia possui o exutório na Rua Toledo Piza.

O objetivo deste memorial descritivo é apresentar a metodologia de cálculo utilizada no projeto de microdrenagem na bacia de contribuição referente à Rua Toledo Piza.

Este estudo consiste na realização de pesquisas bibliográficas e de campo, onde a bacia contribuinte foi caracterizada e diagnosticada. Através de visitas *in loco*, foram levantados todos os componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem.

O sistema de microdrenagem existente é precário, apresenta os seguintes elementos hidráulicos: sarjetas, galerias e bocas de lobos com grelhas de diversos tamanhos. Não existem sarjetões e poços de visitas. A inexistência desses elementos, bem como as condições de conservação e manutenção dos mesmos, contribuem para a ineficiência do sistema em estudo.

Portanto justifica-se a necessidade do projeto, pois nos períodos com altos índices pluviométricos o local de estudo enfrenta problemas de inundação e causa transtornos para a população. A finalidade desse projeto é atenuar e resolver a situação descrita acima, minimizando os impactos advindos da precariedade desse sistema.

4.1.4 Concepção de projeto

A base de dados deste trabalho foram obtidas através de revisões bibliográficas, mapas disponibilizados pela Prefeitura Municipal da Campanha e softwares como o *Google Earth*, *Plúvio*, *AutoCad 2016* e *Excell*. Visitas *in loco* foram realizadas com o objetivo de verificar e constatar a situação do sistema de microdrenagem existente.

A bacia de contribuição foi delimitada através de cristas das curvas de nível, contidas em um mapa da cidade de Campanha-MG. Esse mapa apresenta também o arruamento e as quadras da respectiva cidade. Para a divisão dos lotes, utilizou-se o *software Google Earth* e também visitas *in loco* para verificar os mesmos.

A bacia foi dividida em sub bacias, para possibilitar a análise em pontos do sistema de microdrenagem existente. As sub bacias foram numeradas para melhor compreensão do estudo em questão. Utilizou-se o *software AutoCad* para encontrar as áreas das sub bacias.

A bacia de contribuição de estudo apresenta uma área de 203.112,19 m² (duzentos e três mil e cento e doze vírgula dezenove metros quadrados) e 20 (vinte) quadras, que foram identificadas com as letras do alfabeto de A a T e subdivididas em sub bacias numeradas com algarismos romanos.

A inexistência de sarjetões nos cruzamentos das vias, conforme verificado em visitas *in loco*, é caracterizada pelo inadequado escoamento superficial das águas pluviais. Pois em determinados locais as águas direcionam para mais que um lado.

Analisando do ponto de vista da trafegabilidade, a ausência de sarjetões pode possibilitar danificações no pavimento e os riscos gerados ao bom funcionamento do tráfego.

Diante da situação exposta acima, propõe-se para esse projeto a implantação de 25 (vinte e cinco) sarjetões nos cruzamento das vias da bacia. Esses dispositivos devem preferencialmente estar locados no sentido das vias principais com a finalidade de compatibilizá-los com o tráfego de veículos e pedestres.

Desse modo, os sarjetões permitirão o adequado direcionamento das águas pluviais para o sistema inicial de drenagem nos cruzamentos das vias, bem como, o correto equacionamento das vazões de jusante e os demais componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem.

Com a implantação dos sarjetões, as águas pluviais provenientes das Sub Bacia A (I e II), Sub Bacia B (I e II), Sub Bacia D (II) e Sub Bacia E (III) foram direcionadas para outra área, a Rua São Vicente.

Diante da situação descrita anteriormente, foi necessário averiguar os dispositivos hidráulicos existentes dessa rua também. A finalidade de realizar esse diagnóstico foi verificar através de cálculos se a estrutura hidráulica existente suporta as águas provenientes dessas sub bacias.

Portanto, as áreas das Sub Bacia B (III), Sub Bacia C (I), Sub Bacia F (I e II), Sub Bacia O (I, II e III) e Sub Bacia P (I, II e III) fazem parte do presente estudo.

Desse modo, ocorrerá um adequado escoamento superficial das águas pluviais na bacia contribuinte.

Como decisão de projeto, foi implantado um sarjetão transversal na Rua José Nani com o objetivo de direcionar o escoamento das águas pluviais das Sub Bacia A (I e II), Sub Bacia B (I, II e III), Sub Bacia C (I), Sub Bacia D (I, II, III, IV, V e VI), Sub Bacia E (I, IIa, IIb, IIc, IId, IIe, IIIf, III e IV), Sub Bacia F (I e II), Sub Bacia G (I, II e III), Sub Bacia H (I, II, III, IV, V e VI), Sub Bacia I (I, II, III e IV), Sub Bacia J (I, II, III e IV), Sub Bacia K (I, II, III e IV), Sub Bacia L (Ia, Ib, II, IIIa, IIIb e IV), Sub Bacia M (I, II e III), Sub Bacia N (I, II, III e

IV), Sub Bacia O (I, II e III), Sub Bacia P (I, II e III), Sub Bacia Q (III) e Sub Bacia R (IV) para a Rua José Nani.

O Apêndice A apresenta a Folha de Desenho 01, com a delimitação da bacia de contribuição, suas sub bacias e o posicionamento dos sarjetões.

A Rua José Nani não apresenta saída para outros lotes. Atualmente, existe apenas uma boca de lobo com grelha que está totalmente assoreada, comprometendo a eficiência desse sistema de microdrenagem.

A rede de galeria existente nesse trecho é muito antiga e a tubulação está totalmente obstruída e assoreada. Atualmente essa rede passa por baixo de residências antigas que foram construídas em local inapropriado.

Como decisão de projeto, propõe-se implantar uma viela sanitária. Para que isso aconteça, a Prefeitura Municipal da Campanha deve desapropriar uma residência antiga, Nº 507 (quinhentos e sete), situada na Rua Toledo Piza para que seja possível a implantação dessa viela.

Todos os dispositivos hidráulicos necessários da bacia de contribuição em estudo foram verificados e dimensionados, levando em consideração todas as características reais do local.

Os desníveis das ruas e sarjetas são necessários para o cálculo das declividades transversais dos elementos citados acima. Através de visitas *in loco* e com o auxílio de dois pedaços de madeira, caneta, mangueira de nível e trena foram obtidos os desníveis das ruas e sarjetas.

As declividade longitudinais das ruas foram obtidas através da diferença de cota entre os trechos das vias e divididos pelo comprimento das mesmas.

A partir do dimensionamento hidrológico e hidráulico, foi realizado um comparativo entre a estrutura existente e a estrutura necessária para que o sistema de microdrenagem seja eficiente.

Através de visitas *in loco*, verificou-se que existem trechos de sarjetas que estão danificadas. As mesmas são passíveis de recuperação, portanto, essa será a decisão de projeto em relação a esse componente hidráulico. Serão recuperadas 440,40 m (quatrocentos e quarenta vírgula quarenta metros) de sarjetas, localizadas nas Rua Toledo Piza, Rua Senador José Bento e Rua São Vicente.

O Quadro 1 apresenta a localização exata e o comprimento das sarjetas que deverão ser recuperadas.

Quadro 1 - Recuperação das sarjetas

Rua	Numeração das casas	Comprimento (m)
Rua Toledo Piza	Nº 173 a Nº03	137,31
	Nº 451 a Nº 487	64,93
	Nº 502 a 580	85,69
Rua Senador José Bento	Nº 46 a 02	63,88
Rua São Vicente	Nº 91 a 719	88,59
Σ		440,4

Fonte: A autora (2016)

As redes de galerias foram dimensionadas levando em consideração todos os parâmetros hidrológicos e hidráulicos para o sistema de microdrenagem existente. Devido a inexistência dos poços de visitas foi impossível verificar *in loco* qual a declividade das galerias existentes. Portanto, para verificar as galerias, considerou-se que as mesmas estavam posicionadas de acordo com o nível dos terrenos.

O Quadro 2 apresenta o comparativo entre o diâmetro existente e o diâmetro necessário, por trecho das galerias pluviais. O diâmetro mínimo estabelecido neste projeto é de 400 mm (quatrocentos milímetros).

Quadro 2 - Diâmetro existente x Diâmetro necessário, por trecho

Rua	Trecho	Diâmetro existente (mm)	Diâmetro necessário (mm)
Rua Alexandre Stokler	3.5	300	400
	5.6	300	500
Rua São Vicente	6.35	300	500
Rua Paulino de Araújo	23.27	300	400
	23.24		
	24.25		
	25.26		
	26.27		
Praça São Sebastião (Próximo Sub Bacia M)	27.32	300	400
Rua Martins de Andrade	4.13	300	400
Rua Monsenhor Paulo	11.13	300	400
	13.15	300	400
Praça	15.20	300	400
	20.22		400
	22.29		500
Praça São Sebastião (Próximo Sub Bacia E)	29.34	300	500
Rua Doutor Brandão	31.33	600*	700
	31.32		
	32.34		
	33.36	600*	1200
	34.35		
	35.36		
Rua José Nani	36.37	300	1200
Rua Toledo Piza	38.40	600	1200
	40.42		
	38.39		
	39.41		
	41.42		

Observação: 600* (seção quadrada)

Fonte: A autora (2016)

Os diâmetros necessários apresentados no Quadro 2, referem-se aos diâmetros de seções circulares encontrados no mercado. Pode-se verificar no mesmo quadro que toda a rede analisada está subdimensionada, para os parâmetros de estudo e recomendados pela literatura técnica pertinente ao assunto. Justifica-se, portanto, as inundações que ocorrem anualmente na Rua Toledo Piza e nos demais impactos que a população está submetida.

Para solucionar as redes existentes subdimensionadas, propõe-se a substituição das mesmas pelos diâmetros necessários conforme o Quadro 2. Deste modo, a rede de galeria estará dimensionada adequadamente e comportará as vazões, minimizando os impactos.

A inexistência dos poços de visita impossibilita uma análise detalhada sobre as condições de funcionamento das galerias, sob os aspectos hidráulicos, de conservação e manutenção. Portanto, propõe-se a implantação de 43 (quarenta e três) poços de visita.

Os poços de visitas foram dimensionados de acordo com os novos diâmetros. Eles foram posicionados no início e fim de trecho, mudança de direção e declividade, sempre respeitando o espaçamento máximo entre esses dispositivos conforme a literatura técnica. Esses componentes hidráulicos foram numerados de 1 (um) a 43 (quarenta e três) de cima para baixo, da esquerda para direita.

Após realizar visitas *in loco*, constatou-se que existem 19 (dezenove) bocas de lobos boas e 34 (trinta e quatro) bocas de lobos ruins. Todas as bocas de lobos foram analisadas minuciosamente e as mesmas foram classificadas como ruins porque estão todas completamente assoreadas e obstruídas.

A partir de uma análise da necessidade das bocas de lobo em cada trecho de cada margem da bacia de contribuição em estudo, verificou-se que apenas 13 (treze) bocas de lobo boas existentes estavam posicionadas no local correto e apresentavam a capacidade de engolimento adequada. Portanto, as outras 5 (cinco) bocas de lobo deverão ser isoladas.

As bocas de lobos classificadas como ruins deverão ser substituídas. Porém, realizou-se um estudo a partir das verificações para saber o adequado posicionamento de cada boca de lobo e suas respectivas dimensões, com a finalidade de apresentar adequada capacidade de engolimento.

O Apêndice B apresenta a Folha de Desenho 2 (dois) com a planta baixa do sistema de microdrenagem, com as respectivas redes de galerias, tubulação secundária, bocas de lobo e poços de visita adotados para o projeto para solucionar o respectivo sistema.

A Folha de Desenho 3 (três) apresenta os perfis longitudinais das redes do sistema de microdrenagem de cada rua e a Folha de Desenho 4 (quatro) ilustra os detalhes das sarjetas, sarjetões, poços de visita, bocas de lobo e tubulação das galerias.

4.1.5 Estudos hidrológicos

O estudo hidrológico, elaborado ao longo da bacia em estudo, foi desenvolvido com a finalidade de definir as vazões de dimensionamento.

Para a elaboração deste estudo, definiram-se os elementos hidrológicos a seguir, bem como os parâmetros de cálculos.

4.1.5.1 Bacia hidrográfica

Tonello (2005) define bacia hidrográfica ou bacia de contribuição como uma área receptora das águas pluviais, que tem o objetivo de drená-las para um curso d' água principal, apresentando uma única saída e desaguando em um curso d' água maior, como oceanos e lagos.

Wilken (1978) complementa que o termo bacia hidrográfica pode ser entendido como uma área de captação das águas pluviais que alimentam parte ou todo escoamento do curso d' água e seus afluentes, apresentando um único despejo, denominado exutório.

Segundo Santos (2015) após delimitar a bacia de contribuição é possível dividi-la em sub bacias, determinando então a área de contribuição correspondente aos cálculos da vazão.

4.1.5.2 Área da bacia

De acordo com Villela e Mattos (1975) a área da bacia equivale a sua área de drenagem, sendo caracterizada por uma área plana (projeção horizontal) e determinada pelos divisores topográficos. Essa área é fundamental para determinar a vazão da bacia e é expressa em Km² (quilômetros quadrados) ou ha (hectares).

4.1.5.3 Declividade do curso d' água

Segundo Paes (2004) a declividade do curso d' água é calculada de acordo com a relação entre a diferença de cota entre os pontos extremos e o comprimento retilíneo entre as cotas. A Equação 1 ilustra o método de cálculo.

$$S_i = \frac{\Delta h}{L}$$

(Equação 1)

Onde:

S_i = declividade do curso d' água principal (m/m)

Δh = diferença de cota entre os pontos extremos (m)

L = comprimento retilíneo entre as cotas (m)

4.1.5.4 Tempo de retorno

Tomaz (2002) afirma que o tempo de retorno (T ou T_r) corresponde a um tempo médio para que determinada ocorrência hidrológica seja igualada ou superada. Esse parâmetro é muito importante para a elaboração de projetos hídricos, bem como a sua avaliação.

Já a SUDECAP (1995) define tempo de recorrência como o inverso da probabilidade de um evento ocorrer em determinado ano. Ressalta também que a utilização do período de retorno está relacionada com o risco calculado que o engenheiro deseja adotar.

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) o tempo de retorno geralmente é determinado de acordo com o tipo de ocupação da área. O Quadro 3 apresenta valores da literatura técnica para esse parâmetro.

Quadro 3 - Tempo de retorno para diferentes ocupações da área

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Tucci, Porto e Barros (1995)

4.1.5.5 Comprimento do talvegue principal

Conforme Wilken (1978) explica, o comprimento do talvegue principal consiste no maior percurso que a água percorre até chegar ao exutório. A unidade de medida desse parâmetro é dado em Km (quilômetros).

4.1.5.6 Tempo de escoamento superficial

Segundo a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2010) o tempo de escoamento superficial (t_s) pode ser obtido através da Equação de George Ribeiro, expressa pela Equação 2.

$$t_s = \frac{(16 \times L)}{[(1,05 - 0,2 \times p) \times (100 \times I_m)]^{0,04}}$$

(Equação 2)

Onde:

t_c = tempo de concentração (min)

L = comprimento do talvegue principal (Km)

p = cobertura vegetal (decimal)

I_m = declividade média do talvegue principal (m/m)

4.1.5.7 Tempo de concentração

De acordo com o IME (2003) tempo de concentração (t ou t_c) pode ser definido como o tempo necessário para que uma gota d' água teórica desce do ponto mais alto da bacia até a obra de arte.

Tomaz (2002) complementa que o tempo de concentração é o tempo imprescindível para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial.

Tucci, Porto e Barros (1995) afirmam que o tempo de concentração depende basicamente de três fatores: cobertura vegetal, declividade e tempo de escoamento. O tempo de concentração pode ser calculado de acordo com a Equação 3:

$$t_c = t_s + 10 \text{ min}$$

(Equação 3)

Onde:

t_c = tempo de concentração (min)

t_s = tempo de escoamento superficial (min)

10 min = tempo morto (min)

4.1.5.8 Intensidade da chuva

Freire e Omena (2005) definem a intensidade da chuva como a relação entre a altura da lâmina d' água registrada em um pluviômetro e a duração da chuva, expressa em mm/min ou mm/h.

De acordo com Garcia et al. (2010) quando não se tem séries históricas de intensidade de precipitação ou quando apresentam em menor quantidade, é possível obter a chuva de projeto através das equações de chuvas intensas.

A Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2008 enaltece as dificuldades existentes para a obtenção de equações de chuvas. Portanto o seu Grupo de Pesquisa de Recursos Hídricos (GPRH) desenvolveu um *software* denominado Plúvio, que possibilita a obtenção de dados de chuvas.

Ainda de acordo com a UFV (2008) pode-se obter a intensidade da chuva através da Fórmula de Chen, expressa pela Equação 4, pois o programa Plúvio fornece os quatro parâmetros (k, a, b e c) necessários o cálculo.

$$I_m = \frac{K \times TR^a}{(t_c + b)^c}$$

(Equação 4)

Onde:

I_m = Intensidade da chuva (mm/h)

TR = Período de retorno (anos)

t_c = Tempo de concentração (min)

a,b,c,k = parâmetros da equação da chuva obtidos no software Plúvio

4.1.5.9 Coeficiente de escoamento superficial

Pinto et al. (1976) explanam que o escoamento superficial ou chuva excedente faz parte do ciclo hidrológico que tem como objeto de estudo o deslocamento das águas na superfície terrestre. Esse escoamento é proveniente principalmente das precipitações.

Jabur (2010) acrescenta que a chuva excedente interfere diretamente na vazão dos rios. Em bacias impermeabilizadas de pequeno porte esse fator apresenta uma relevância grande, pois é responsável pelas vazões de cheias.

A CETESB (1980) informa que o coeficiente de *runoff* depende de diversas características, tais como: solo, cobertura, tipo de ocupação, tempo de retorno e intensidade da precipitação.

O Quadro 4 apresenta os valores do coeficiente de *runoff* pelo Método Racional aplicadas para um período de retorno variando entre 5 (cinco) a 10 (dez) anos.

Quadro 4 - Coeficientes de runoff - Método Racional

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE "RUNOFF"
Área comercial	
• Central	0,70 a 0,95
• Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
• Residências Isoladas	0,35 a 0,50
• Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
• Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
• Lotes com 2000 m ² ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
• Indústrias Leves	0,50 a 0,80
• Indústrias Pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
"Playgrounds"	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30

*continua

Quadro 4 - Coeficientes de runoff - Método Racional

CARACTERÍSTICA DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE "RUNOFF"
Ruas	
● Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
● Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
● Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
● Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
● Forte declividade (7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (solos pesados)	
● Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
● Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
● Forte declividade (7%)	0,25 a 0,30

Fonte: CETESB (1980)

Ainda de acordo com a CETESB (1980) o coeficiente de *runoff* composto refere-se a uma porcentagem de diversos tipos de superfícies da área de estudo. A Equação 5 ilustra esse coeficiente.

$$C_m = \frac{1}{A} \sum C_i \times A_i$$

(Equação 5)

Onde:

C_m = coeficiente médio de escoamento superficialA = área total da bacia de contribuição (m²)C_i = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação "i"A_i = área da bacia correspondente à ocupação "i" (m²)

4.1.5.10 Vazão pluvial - Método Racional

Tomaz (2002) explana que o método racional é um método indireto que apresenta a relação entre a chuva e o deflúvio. É utilizado para calcular a vazão máxima de uma bacia com área menor ou igual a 3 Km² (três quilômetros quadrados) e foi apresentado pela primeira vez por Mulvaney em 1851 e utilizado por Emil Kuichling.

Para a SUDECAP (1995) o método racional é aplicado para galerias e bacias de contribuição com áreas que não excedam 500 ha (quinhentos hectares). Neste método, a vazão máxima ocorrerá quando toda a bacia estiver contribuindo, portanto, a chuva será considerada constante e apresentará duração igual ao tempo de concentração. A fórmula do método racional é expressa pela Equação 6.

$$Q = C \times I \times A$$

(Equação 6)

Onde:

Q = vazão de pico (m³/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

I = intensidade da chuva (mm/h)

A = área da bacia (m²)

4.1.6 Parâmetros de dimensionamento hidráulico

4.1.6.1 Sarjetas

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) as águas escoam inicialmente nas calhas viárias. As ruas apresentam declividade transversal e declividade longitudinal, portanto as águas escoarão rapidamente para as sarjetas e, destas ruas abaixo. Caso o deflúvio seja excessivo poderão ocorrer: alagamentos das ruas, inundação de calçadas, velocidades exageradas desencadeando erosões dos pavimentos.

4.1.6.1.1 Altura da lâmina d' água

Para a determinação da altura d' lâmina de água (y_0) utilizou-se a Equação 7, conforme recomendação da CETESB (1980).

$$y_0 = 0,8 \times h$$

(Equação 7)

Onde:

y_0 = Altura da lâmina d' água (m)

h = altura do meio fio (m)

4.1.6.1.2 Diferença de altura entre a sarjeta e a via

A diferença de altura entre a sarjeta e a via (y_1) é determinada conforme Tucci, Porto e Barros (1995), através da Equação 8.

$$it \text{ sarjeta} = \frac{y_0 - y_1}{L \text{ sarjeta}}$$

(Equação 8)

Onde:

$it \text{ sarjeta}$ = inclinação transversal da sarjeta (entrada de valor em número decimal)

y_0 = altura da lâmina d' água (m)

y_1 = diferença de altura entre a sarjeta e a via (m)

$L \text{ sarjeta}$ = largura da sarjeta (m)

4.1.6.1.3 Inverso da declividade da sarjeta e da via

De acordo com Wilken (1978) o inverso da declividade da sarjeta e da via é determinado através das Equações 9 e 10 respectivamente.

$$z1 = \frac{1}{it \text{ sarjeta}}$$

(Equação 9)

Onde:

z1 = inverso da declividade da sarjeta

it sarjeta = inclinação transversal da sarjeta

$$z2 = \frac{1}{it \text{ via}}$$

(Equação 10)

Onde:

z2 = inverso da declividade da via

it via = inclinação transversal da via

4.1.6.1.4 Coeficiente de rugosidade

Tomaz (2011) elucida que o coeficiente de rugosidade de *Manning* (n) é tabelado conforme o Quadro 5. A escolha desse coeficiente é difícil de realizar, dependendo muito da experiência e da vivência do projetista.

Quadro 5 - Coeficiente de rugosidade de *Manning* (n)

Características	n
Canais retilíneos com grama até 15 cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com capins de até 30 cm de altura	0,30 - 0,06
Galerias de concreto	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 - 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 - 0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015 - 0,020
Sarjetas	
Asfalto suave	0,013
Asfalto rugoso	0,016
Concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
Concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
Pavimento de concreto	0,014 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: CETESB (1980)

4.1.6.1.5 Cálculo da vazão da sarjeta

A CETESB (1980) explana que a capacidade teórica da vazão da sarjeta (qst) pode ser dimensionada utilizando a Fórmula de Manning modificada por Izzard, expressa na Equação 11.

$$qst = 0,375 \times \left(\frac{z1}{n} \times y0^{8/3} - \frac{z1}{n} \times y1^{8/3} + \frac{z2}{n} \times y1^{8/3} \right)$$

(Equação11)

Onde:

qst = capacidade teórica da vazão da sarjeta (m³/s)

z1 = inverso da declividade da sarjeta

z2 = inverso da declividade da via

n = coeficiente de rugosidade

y0 = altura da lâmina d' água (m)

y1 = diferença de altura entre a sarjeta e a via (m)

4.1.6.1.6 Fator de redução do escoamento da sarjeta

De acordo com a CETESB (1980) deve-se aplicar um fator de redução de escoamento da sarjeta (F), indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de redução de escoamentos da sarjeta

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,40	0,50
1,00 a 3,00	0,80
5,00	0,50
6,00	0,40
8,00	0,27
10,00	0,20

Fonte: CETESB (1980)

4.1.6.1.7 Cálculo da vazão real da sarjeta

A CETESB (1980) recomenda calcular a vazão real da sarjeta (q_{sr}) através da Equação 12.

$$q_{sr} = q_{st} \times F \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

q_{sr} = vazão real da sarjeta (m^3/s)

q_{st} = capacidade teórica da vazão da sarjeta (m^3/s)

F = fator de redução de escoamento da sarjeta

Tucci, Porto e Barros (1995) comenta que quando a vazão real da sarjeta é menor que a vazão pluvial não tem a necessidade de galerias. Esse procedimento deve ser realizado em todos os trechos da bacia contribuinte.

4.1.6.2 Galerias

Conforme exposto por Menezes e Costa (2012) as galerias são compostas por tubos de ligação e poços de visita. Esses elementos hidráulicos tem a finalidade de captar as águas pluviais das bocas de lobo, das ligações e conduzir até um desaguadouro natural.

Segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE, 2006 o equacionamento hidráulico corresponde a escoamentos em regime uniforme e permanente, válido para características hidráulicas (h , Q e V) constantes no tempo e ao longo do percurso, com o escoamento ocorrendo em condutos livres, nos quais o perímetro molhado mantém-se com a atmosfera.

4.1.6.2.1 Velocidade

De acordo com o DAEE (2006), a velocidade de escoamento das águas pluviais das galerias pode ser verificada através da Equação *de Manning*, expressa na Equação 13.

$$V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

(Equação 13)

Onde:

V = velocidade (m/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (m/m)

Rh = raio hidráulico (m)

4.1.6.2.2 Raio hidráulico

Tomaz (2011) explana que o raio hidráulico (Rh) é a relação entre a área molhada e o perímetro molhado, obtido através da Equação 14.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

(Equação 14)

Onde:

Rh = raio hidráulico (m)

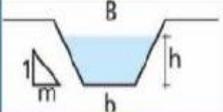
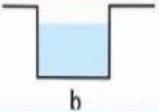
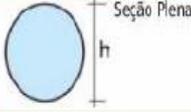
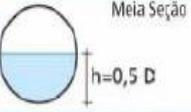
A = área molhada (m²)

P = perímetro molhado (m)

4.1.6.2.3 Geometria e parâmetros de cálculo das galerias

De acordo com Ferreira, Viana e Pimenta (2014) as galerias apresentam diversas geometrias, tais como: retangulares, trapezoidais, triangular e circular. Para cada tipo de seção existem parâmetros específicos, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Elementos hidráulicos

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_H)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b+2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: DAEE (2006)

Menezes e Costa (2012) afirmam que na literatura técnica existem diversos parâmetros e critérios considerados no dimensionamento de galerias. O Quadro 6 apresenta esses valores, tais como: velocidade mínima ($V_{mín}$), velocidade máxima ($V_{máx}$), recobrimento mínimo (R_m), tempo de concentração inicial (t_{ci}), relação máxima da lâmina de água – diâmetro (y/d) e o tipo de escoamento sendo uniforme (Unif) ou gradualmente variado (Grad. Variado).

Quadro 6 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

Autor/Instituição	$V_{mín}$ (m/s)	$V_{máx}$ (m/s)	T_{ci} (min)	R_m (m)	Seção Plena ou h/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5,00	10 (a)	1,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	5	1,00	Plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50 (e)	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	7 a 15	-	0,70	Grad. Variado
Porto (1999)	$V_{méd} = 4$ a 6 (b)		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	-	-	h / D (c)	Unif.
Methdos e Durrans (2003)	0,60 a 0,90	4,50	-	0,9	0,85	Unif. E Grad. Variado

*continua

Quadro 6 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	-	-	0,85 a 0,90	Unif.

(a) Valor citado, porém, segundo o autor pode estar superestimado, necessitando ser calculado em caso de dúvida.

(b) Fonte: Curso de Canais, EE-UFG, Dep. Engenharia Hidráulica. Edições Engenharia S8/72.

(c.) Valor não fixado.

(d) Valores adotados pela ASCE (1992) – American Society of Civil Engineers.

(e) Pode-se adotar até 6 m /s se for previsto revestimento adequado para o conduto.

Fonte: Menezes e Costa (2012)

4.1.6.2.4 Cálculo da vazão das galerias

De acordo com o DAEE (2006) a fórmula que permite determinar as vazões em função do raio hidráulico é expressa através da Equação 15.

$$Q = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i} \times Am$$

(Equação 15)

Onde:

Q = vazão (m³/s)

Rh = raio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (m/m)

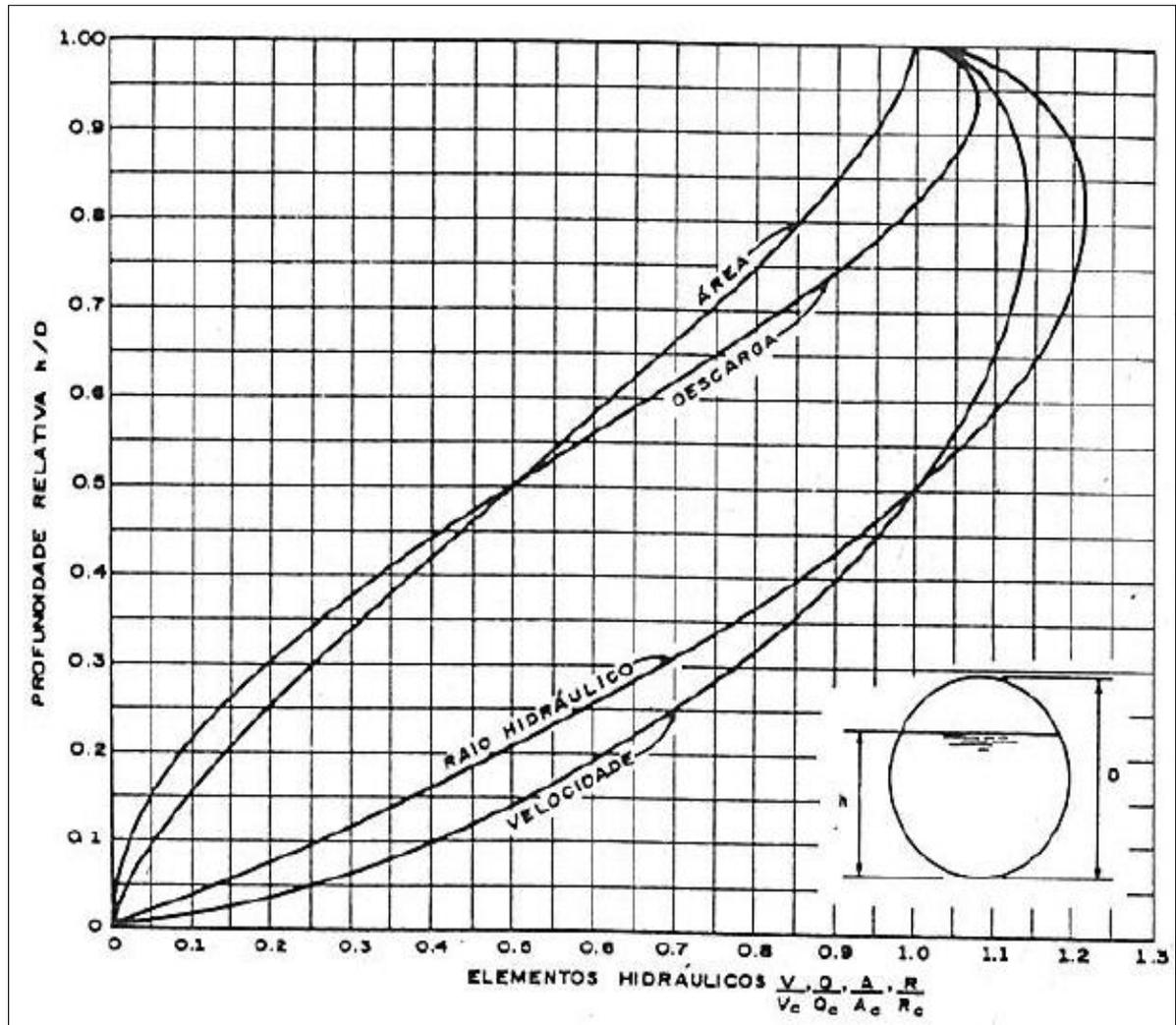
Am = área molhada (m²)

4.1.6.2.5 Reajuste dos parâmetros da galeria

Tomaz (2013) acrescenta que as vazões de projeto das galerias devem ser projetadas para funcionamento a seção plena, sendo que a velocidade está relacionada com o tipo de material a ser empregado e o recobrimento mínimo é de 1 m (um metro).

De acordo com a CETESB (1980) quando a seção circular apresenta a relação y/D diferente de 0,5 (cinco décimos), 0,9 (nove décimos) e 1 (um) os parâmetros e critérios de dimensionamento devem ser reajustados conforme a Figura 8.

Figura 8 - Elementos hidráulicos característicos das seções circulares



Fonte: CETESB (1980)

Onde:

V = velocidade com o conduto parcialmente cheio

V_0 = velocidade com o conduto cheio

Q = vazão com o conduto parcialmente cheio

Q_0 = vazão com o conduto cheio

A_m = área molhada com o conduto parcialmente cheio

A_0 = área molhada com o conduto cheio

R_h = raio hidráulico com o conduto parcialmente cheio

R_0 = raio hidráulico com o conduto cheio

4.1.6.2.6 Recobrimento mínimo das galerias

A Tabela 2 apresenta a relação entre o diâmetro do conduto e o recobrimento mínimo.

Tabela 2 - Recobrimento mínimo das galerias

Tubos	Recobrimento mínimo (H)
Concreto Simples	0,60 m
Concreto Armado	
Φ 700 mm	0,70 m
Φ 800 mm	1,00 m
Φ 1000 mm	1,00 m
Φ 1200 mm	1,20 m
Φ 1500 mm	1,50 m

Fonte: Universidade de São Paulo (2015)

4.1.6.2.7 Declividade mínima das galerias

A Tabela 3 apresenta a relação entre a tubulação e a declividade mínima.

Tabela 3 - Declividade mínima das galerias

Diâmetro (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,0005
1200	0,0004

Fonte: Universidade de São Paulo (2015)

4.1.6.3 Poços de visita

Botelho (2011) afirma que poços de visitas são dispositivos hidráulicos que tem a função de permitir a inspeção, limpeza e desobstrução de canalizações. São instalados em cruzamentos de ruas, mudança de diâmetro, de direção e de declividade.

4.1.6.3.1 Dimensão dos poços de visita

Ainda de acordo com Botelho (2011) afirma que a dimensão dos poços de visita está relacionada com o diâmetro das galerias. A Tabela 4 apresenta esses valores.

Tabela 4 - Dimensão A em função do diâmetro maior

Diâmetro (mm)	A(m)
	1,20 (mínimo)
600	1,4
700	1,5
800	1,6
900	1,7
1000	1,8
1200	2
1500	2,3

Fonte: Botelho (2011)

4.1.6.3.2 Espaçamentos dos poços de visita

De acordo com a CETESB (1980) o espaçamento dos poços de visita está relacionado com o diâmetro ou a altura do conduto, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Espaçamentos dos poços de visita

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	120
0,50 - 0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: CETESB (1980)

4.1.6.4 Bocas de lobo

De acordo com Wilken (1978) as bocas de lobo são dispositivos que tem a finalidade de receber as águas pluviais que escoam pelas sarjetas e direcioná-las à rede coletora.

Lima (2007) acrescenta que a presença de resíduos sólidos nas vias urbanas e áreas adjacentes podem comprometer o sistema de drenagem, obstruindo as bocas de lobo e consequentemente reduzindo a capacidade de engolimento desses dispositivos.

4.1.6.5 Cálculo da boca de lobo com grelha

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) as bocas de lobos apresentam os seguintes comportamentos:

- Uma boca de lobo com grelha pode funcionar como vertedouro de soleira livre desde que apresente profundidade de lâmina de água até 12 cm (doze centímetros) e um dos lados da grelha é adjacente da guia. A capacidade de engolimento dessa boca de lobo pode ser calculada através da Equação 16.

$$Q = 1,7 \times P \times y^{3/2}$$

(Equação 16)

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s)

P = perímetro do orifício (m)

y = altura de água próxima a abertura da guia (m)

- Para profundidades de lâminas de água com altura maior que 42 cm (quarenta e dois centímetros) a vazão é calculada conforme a Equação 17.

$$Q = 2,91 \times A \times y^{1/2}$$

(Equação 17)

Onde:

Q = vazão (m³/s)

A = área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas grades (m²)

y = altura de água na sarjeta sobre a grelha (m)

- Na faixa de transição entre 12 cm (doze centímetros) e 42 cm (quarenta e dois centímetros) a carga a ser adotada fica a critério do projetista.

4.2 Memorial e planilhas de cálculo

4.2.1 Cálculos hidrológicos

4.2.1.1 Cálculo da declividade do curso d' água

A declividade do curso d' água da bacia em questão é determinada conforme a Equação 1.

$$Si = \frac{(933-870)}{706,31m} \rightarrow Si = 0,089$$

(Equação 1)

4.2.1.2 Definição do tempo de retorno

A literatura técnica apresenta diversos tempo de retorno para cada tipo de ocupação da área da bacia contribuinte, conforme o Quadro 3. Ao escolher o tempo de retorno para este projeto, estabeleceu-se o seguinte critério: adotar um tempo de recorrência que atendesse de forma satisfatória as máximas precipitações ocorridas na cidade de Campanha-MG.

O tempo de retorno adotado neste projeto é $Tr = 10$ anos, pois a bacia de contribuição está localizada na área central e envolve as principais vias da cidade. Vale ressaltar que quanto maior o tempo de retorno, maior será a proteção oferecida a população, evitando impactos provenientes das inundações.

4.2.1.3 Comprimento do talvegue principal

O comprimento do talvegue principal foi obtido é de 1,118 Km (um vírgula cento e dezoito quilômetros). Este valor foi obtido através do AutoCad 2016, onde analisou-se o caminho mais longo que a água percorre até o ponto mais baixo da bacia em estudo.

4.2.1.4 Cálculo do tempo de escoamento superficial

O tempo de escoamento superficial foi obtido através da Equação 2.

$$ts = \frac{(16 \times 1,118)}{[(1,05 - 0,2 \times 0) \times (100 \times 0,089)]^{0,04}} \rightarrow ts = 16,358 \text{ min}$$

(Equação 2)

4.2.1.5 Cálculo do tempo de concentração

O tempo de concentração foi determinado através da Equação 3.

$$tc = 16,358 \text{ min} + 10 \text{ min} \rightarrow tc = 26,358 \text{ min}$$

(Equação 3)

4.2.1.6 Parâmetros da equação da chuva

A cidade da Campanha-MG não apresenta séries históricas de intensidade de precipitação. Portanto, foi utilizado o *software* Plúvio desenvolvido pela UFV em 2008 para definir os parâmetros da equação da chuva para a respectiva cidade. A Figura 09 apresenta esses parâmetros.

Figura 9 - Relatório do software Plúvio

 Plúvio 2.1  <small>Copyright (2005) © GPRH</small>	
RELATÓRIO Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação	
LOCALIZAÇÃO:	
Localidade: Campanha	Estado: Minas Gerais
Latitude: 21°50'10"	
Longitude: 45°24'02"	
PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:	
K: 6058,547	
a: 0,220	
b: 32,868	
c: 1,090	

Fonte: Plúvio 2.1 - *Software* (2016)

4.2.1.7 Cálculo da intensidade da precipitação

Para determinar a intensidade da chuva utilizou-se a Equação 4.

$$Im = \frac{6058,547 \times 10^{0,220}}{(26,358 + 32,868)^{1,090}} \rightarrow Im = 117,58 \text{ mm/h} = 0,000032 \text{ m/s}$$

(Equação 4)

4.2.1.8 Cálculo do coeficiente de *runnof*

4.2.1.8.1 Quantitativo de áreas

A Tabela 6 apresenta o quantitativo das áreas na bacia de contribuição em estudo. Utilizou-se o *AutoCad* 2016 para realizar o levantamento das áreas.

Tabela 6 - Quantitativo de áreas

Tipo de área	Área (m ²)
Área residencial - Unidade múltipla (separadas)	184286,93
Área de ruas com superfície em pavimentação asfáltica	12439,57
Área de ruas com superfície em pavimentação com paralelepípedos	5367,87
Área de ruas com superfície em blocos intertravados de concreto	1017,82
Σ áreas	203112,19

Fonte: A autora (2016)

4.2.1.8.2 Coeficiente de *runnof* para as áreas da bacia

A Tabela 7 apresenta o coeficiente de *runnof* para as respectivas áreas descritas acima.

Tabela 7 - Coeficiente de *runnof*

Tipo de área	Coeficiente de <i>runoff</i>
Área Residencial - Unidade Múltiplas (separadas)	0,50
Área de ruas com superfície em pavimentação asfáltica	0,83
Área de ruas com superfície em pavimentação em paralelepípedos	0,60
Área de ruas com superfície em pavimentação em blocos intertravados de concreto	0,88

Fonte: A autora (2016)

4.2.1.8.3 Cálculo do coeficiente de *runnof* médio

O cálculo do coeficiente de *runnof* médio é dado pela Equação 5.

$$C_m = \frac{1}{214815,01} * [(192404,97 * 0,50) + (16132,68 * 0,83) + (5176,46 * 0,60) + (1100,90 * 0,88)] \rightarrow C_m = 0,53$$

(Equação 5)

4.2.2 Cálculos hidráulicos

4.2.2.1 Quadro de áreas da bacia de contribuição

A bacia de contribuição foi dividida em sub bacias. As áreas das sub bacias foram obtidas através do AutoCad 2016. O Quadro 7 apresenta as respectivas áreas.

Quadro 7: Áreas da bacia de contribuição

Quadra	Sub bacia	Área (m ²)	Quadra	Sub bacia	Área (m ²)
A	I	4030,56	H	I	2585,43
	II	3553,80		II	2695,05
Total		7584,35		III	243,65
B	I	1204,94		IV	286,53
	II	1530,33		V	643,93
	III	1543,57		VI	349,20
Total		4278,84	Total		6803,80
C	I	1906,50	I	I	316,71
Total		1906,50		II	394,27
D	I	2376,09		III	174,81
	II	4288,34		IV	369,70
	III	3756,10	Total		1255,49
	IV	856,10	J	I	360,60
	V	1822,52		II	1471,91
	VI	5692,55		III	445,85
Total		18791,71		IV	1571,76
E	I	10871,52	Total		3850,11
	II a	2829,47	K	I	440,04
	II b	3405,07		II	1316,79
	II c	944,19		III	304,84
	II d	2720,01		IV	1338,44
	II e	964,77	Total		3400,11
	II f	11695,55	L	I a	32,35
	III	1935,53		I b	33,82
	IV	17419,66		II	134,96
Total		52785,77		III a	30,70
F	I	5387,32		III b	37,59
	II	194,30	IV	163,80	
Total		5581,63	Total		433,22
G	I	1485,8394	M	I	9937,28
	II	1417,8447		II	7247,61
	III	547,6117		III	1825,17
Total		3451,2958	Total		19010,05

continua*

Quadro 7: Áreas da bacia de contribuição

Quadra	Sub bacia	Área (m ²)
N	I	347,30
	II	662,72
	III	295,20
	IV	670,69
Total		1975,91
O	I	145,61
	II	3386,24
	III	217,52
Total		3749,37
P	I	180,43
	II	284,57
	III	179,52
Total		644,52
Q	I	8583,85
	II	9832,72
	III	4519,05
Total		22935,63
R	I	17880,00
	II	2179,40
	III	2385,19
	IV	11987,45
	V	2542,25
	VI	94,91
Total		37069,21
S	I	139,27
	II	3714,65
Total		3853,92
T	I	109,50
	II	3373,60
Total		3483,10
U	I	72,60
	II	195,06
Total		267,66
Área da bacia		203112,19

Fonte: A autora (2016)

4.2.2.2 Vazão pluvial - Margem direita

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 51

4.2.2.3 Vazão pluvial - Margem esquerda

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 52

4.2.2.4 Dados do dimensionamento das sarjetas

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 53

4.2.2.5 Dimensionamento das sarjetas - Margem direita

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 54

4.2.2.6 Dimensionamento das sarjetas - Margem esquerda

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 55

4.2.2.7 Dimensionamento das galerias

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 56

4.2.2.8 Dimensionamento dos poços de visita

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 57

4.2.2.9 Verificação das bocas de lobo existentes

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 58

4.2.2.10 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem direita

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 59

4.2.2.11 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem esquerda

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG.59

4.2.2.12 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem direita

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG.6 0

4.2.2.13 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem esquerda

VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 60

4.3 Especificações dos serviços e materiais

4.3.1 Informações gerais

Este item do trabalho estabelece as condições mínimas a serem respeitadas durante a execução das obras, estabelecendo os parâmetros mínimos a serem atendidos para materiais, serviços e equipamentos.

Todas as obras deverão ser executadas rigorosamente em conformidade com os projetos de sistema de microdrenagem fornecidos.

As obras e serviços deverão ser fiscalizados pela Prefeitura Municipal da Campanha, bem como o engenheiro responsável da obra. Ambos profissionais deverão estar habilitados e registrados no CREA.

O engenheiro responsável pela execução da obra deverá ser competente e promover serviços tecnicamente bem feitos e com acabamento esmerado.

Caso for julgado a necessidade de alguma alteração ou compatibilização de projeto, o engenheiro responsável pela execução da obra deverá entrar em contato com a autora do projeto e a fiscalização, com a finalidade de terminar as obras e os serviços de maneira satisfatória.

4.3.2 Especificações dos serviços

4.3.2.1 Serviços topográficos e de marcação em geral

Deverão ser utilizados equipamentos topográficos para a perfeita locação, execução da obra e acompanhamento da mesma, de acordo com as locações e os níveis determinados no projeto.

A locação das tubulações e dos poços de visitas deverão ser feitas, levando em consideração pontos importantes do projeto, tais como: bocas de lobo, encontro de condutos e variações de declividades.

Em cada estaca deverá ter a marcação com a cota do terreno e a profundidade de escavação necessária.

4.3.2.2 Demolições

Antes de qualquer obra, em ruas ou passeios, o responsável pelo serviço deverá tomar conhecimento prévio da natureza das obras a executar, de modo a providenciar a recomposição dos mesmos.

A demolição do pavimento deverá ser efetuada por processos mecânicos (martetele pneumático ou serra circular), quando asfalto ou concreto, e manual para os demais casos.

O material proveniente da demolição deverá ser imediatamente removido para local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura, se não puder ser reaproveitado, ou devidamente armazenado, se ainda útil na recomposição do pavimento.

4.3.2.3 Escavação

As valas deverão ser escavadas alinhadas, paralelas ao alinhamento da rua. O fundo das valas será nivelado e acertado de modo a receber as tubulações sem esforços pontuais ou apoios localizados.

A largura das valas deverão ser mantida constantes, em toda a sua extensão, de modo a obter-se uma superfície uniforme em projeção horizontal, e deverão ser compatíveis com a largura do compactador utilizado.

A profundidade das valas e o recobrimento será conforme definido no projeto.

A escavação poderá ser feita manualmente, ou com equipamento mecânico apropriado. Neste caso, a escavação mecânica deve se aproximar do greide da geratriz inferior da tubulação, sendo o nivelamento e acerto do fundo das valas feito manualmente.

O material resultante da escavação, que não puder ser reaproveitado, será imediatamente removido para local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura Municipal da Campanha.

O material passível de recuperação, será depositado provisoriamente, de um só lado da vala, a uma distância, no mínimo, igual a profundidade, de modo que não perturbe os serviços, não comprometa a estabilidade dos taludes e não permitir as invasões das valas pelas águas das chuvas. No período chuvoso, o material armazenado deverá ser coberto por lonas plásticas, com a finalidade de manter a umidade natural.

Os materiais das escavações das valas serão removidos nos seguintes casos:

- Quando se tratar de entulhos provenientes de vegetais e animais;
- Quando os elementos grosseiros apresentar dimensões superiores a 3 cm (três centímetros);
- Quando se tratar de solos que apresentam grande porcentagem de partículas fibrosas;
- Quando os solos forem excessivamente orgânicos;
- Quando forem argilas muito gordas;
- Quando forem siltes muito expansivos.

Para evitar o acúmulo de materiais e facilitar o fluxo de veículos e pedestres, as atividades de escavações, assentamento das tubulações e reaterro deverão ser subsequentes.

Em casos muitos especiais, o material escavado deverá ser totalmente confinado em caçambas, caixotes ou sacos plásticos, independentemente de seu reaproveitamento ou não.

O escoramento, caso necessário, será executado logo após a abertura das valas, conforme a NBR vigente.

A escavação das valas será de responsabilidade da empreiteira, pela resistência e estabilidade das mesmas.

O material proveniente das escavações, segundo sua natureza será classificado, nas seguintes categorias:

- Material de primeira categoria: terra em geral, argila, rocha em aditamento estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm (quinze centímetros). Deverão ser escavados com equipamentos de terraplanagem dotados de lâmina;
- Material de segunda categoria: Material com resistência de penetração mecânica inferior ao granito, blocos de rocha com volume inferior a 0,50 m³ (zero vírgula cinquenta metros cúbicos), matacões e pedras de diâmetro médio superior a 15 cm (quinze centímetros), rochas compactas em decomposição. Deverão ser escavados com o emprego de equipamentos de terraplanagem apropriados, com uso combinado de rompedores pneumáticos;
- Rochas: Materiais com resistência igual ou superior ao granito, contínua ou em blocos de volume superior a 0,50 m³ (zero vírgula cinquenta metros cúbicos). Podem ser extraídos com a utilização de explosivos ou outros processos especiais de desmonte. A utilização de explosivos necessita de prévia de autorização das autoridades competentes.

4.3.2.4 Escoramento

Toda vala que ultrapassar o limite de 1,50 m (um vírgula cinquenta metros), deverá, obrigatoriamente, ser escorada.

O escoramento deverá ser executado com pranchões de madeira de 4 cm (quatro centímetros) por 30 cm (trinta centímetros) e estronca de diâmetro de 12 cm (doze centímetros), no mínimo. Esse escoramento poderá ser contínuo, descontínuo ou pontaleamento.

4.3.2.5 Assentamento das tubulações e dos poços de visita

Os tubos de concreto deverão ser assentados de modo que o eixo da tubulação fique retilíneo, tanto no plano horizontal quanto no vertical, evitando-se assim as sinuosidades e criação de pontos altos e baixos, salvo onde seja necessário para realizar a interligação às redes existentes.

O assentamento das diversas tubulações e dos poços de visitas seguirá as recomendações dos respectivos fabricantes e em conformidade com o projeto.

4.3.2.6 Reaterro de valas

Na execução das valas deverá ser feita a proteção das tubulações. Os materiais para o reaterro devem apresentar as seguintes características:

- Ausência de pedras, vegetações e de corpos com diâmetro superior a 3 cm (três centímetros);
- Baixa compressibilidade: pequena diminuição do volume dos solos sob a ação de cargas;
- Baixa sensibilidade à ação da água;
- Boa capacidade de suporte;
- Na execução do aterro, será utilizado, preferencialmente, o próprio material da escavação. Excepcionalmente, serão aceitos materiais granulares (não coesivos), a critério da COPASA-MG, tais como: pedregulho natural arenoso, areia, cascalho rolado entre outros.

4.3.2.6.1 Enchimento de valas

Devem ser observados os seguintes procedimentos de enchimentos de valas, para tubos em geral:

- Iniciar o aterro logo que possível, com o cuidado necessário para não haver deslocamento das tubulações e esforços adicionais nas mesmas;
- Homogeneização do material com separação e retirada de pedras, torrões e materiais estranhos;
- Verificar a necessidade de aerar ou umedecer o solo, com a finalidade de manter umidade ótima de compactação;
- Colocar o material, alternadamente, nos lados das tubulações. Deverão ser utilizados equipamentos manuais, em camadas que podem variar de 5 cm (cinco centímetros) até o máximo de 10 cm (dez centímetros);
- Até 20 cm (vinte centímetros) acima da geratriz superior das tubulações, deve ser usado equipamento manual, em camadas sucessivas de até 10 cm (dez centímetros) de altura;
- Usar um pequeno soquete para a compactação do aterro, de modo a não atingir as tubulações;
- Não permitir o tráfego de pessoas sobre a tubulação antes de completar-se uma altura de 20 cm (vinte centímetros) de aterro acima da geratriz superior do tubo;
- Tomar todas as precauções para não danificar as juntas e as tubulações;
- O reaterro será executado em camadas sucessivas, de altura máxima igual aquela que o equipamento utilizado possa compactar, não podendo exceder 20 cm (vinte centímetros);
- A reconstituição do corpo do aterro atingirá a cota da base do pavimento a reconstruir.

4.3.2.6.2 Adensamento

Permite-se o uso da água para a consolidação de reaterros somente no caso de material granulado (areia e cascalho rolado).

A quantidade de água será a suficiente para preencher os vazios do solo, evitando-se que a água em excesso venha a escorrer, a fim de impedir a alteração das condições de suporte do solo subjacente aos tubos.

Opcionalmente, poderão ser utilizados equipamento vibratórios, complementamente ao procedimento de reaterro.

4.3.2.6.3 Compactação

A compactação do aterro pode ser feita por:

- Equipamentos manuais;
- Equipamento mecânicos.

A compactação manual é realizada com o soquete manual somente para a primeira camada. No aterro, a partir da segunda camada, é obrigatória a compactação mecânica, que pode ser feita por pressão ou por impacto.

A compactação mecânica deve ser iniciada no centro da vala e em direção às laterais, a fim de que o material seja comprimido contra o talude da vala (local de mais difícil da compactação).

A aparelhagem para a compactação mecânica do aterro será constituída por equipamentos vibratórios ou por equipamentos de ação dinâmica.

Os equipamentos vibratórios são recomendados para solos granulares pouco coesivos, tais como: areia, pedra britada, escória, cascalho arenoso, etc.

Os equipamentos de ação dinâmica são indicados para solos finos mais coesivos, tais como silte, ou para solos granulares com matriz coesiva, tais como: cascalho siltoargilosos, minérios plásticos, etc.

O grau de compactação será, no mínimo, de 97% (noventa e sete por cento) do proctor normal para pistas e 95% (noventa e cinco por cento) do proctor normal para os demais casos.

4.3.2.7 Recuperação de sarjetas e implantação de sarjetões e bocas de lobo

A recuperação das sarjetas e a implantação de sarjetões e novas bocas de lobos deverão ser executadas conforme o projeto.

4.3.2.8 Transporte de materiais

Compreende o transporte em caminhões de materiais em geral, a granel. A medição será feita pelo produto do volume do material pela distância média de transporte, em caminhão basculante - 184 HP (cento e oitenta e quatro), entre os locais de carga e descarga.

4.3.3 Especificações dos materiais

4.3.3.1 Aditivos

Se for necessário a utilização de aditivos para melhorar a qualidade do concreto e das argamassas, eles deverão estar de acordo com as especificações e orientações da fiscalização, bem como atender as normas da ABNT.

A porcentagem de aditivos deverá ser fixada de acordo com as recomendações do fabricante, levando em consideração a temperatura ambiente e o tipo de cimento adotado, sempre de acordo com as instruções da fiscalização.

A eficiência de aditivos deverá ser comprovada antes através de ensaios, que referenciam ao tempo de pega, consistência e resistência da argamassa.

Deverão ser tomados cuidados elementares na estocagem desse material e idade de fabricação, pois os aditivos são de fácil deterioração.

4.3.3.2 Agregados

O agregado miúdo deverá ser a areia natural, de origem quartzosa, cuja composição deverá obedecer as condições impostas pelas normas da NBR.

A areia deverá apresentar as seguintes características:

- Natural;
- Lavada;
- Peneirada;
- Sílico-quartzosa;
- Áspera ao tato;
- Limpa;
- Isenta de argila e substâncias orgânicas e terrosas.

A areia deverá apresentar a classificação abaixo, de acordo com a norma da ABNT.

- Grossa: granulometria entre 4,8 mm (quatro, oito milímetros) e 0,84 (zero, oitenta e quatro milímetros);
- Média: granulometria entre 0,84 mm (zero, oitenta e quatro milímetros) e 0,25 mm (zero, vinte e cinco milímetros);
- Fina: granulometria entre 0,25 mm (zero, vinte e cinco milímetros) e 0,05 mm (zero, zero e cinco milímetros).

O agregado graúdo deverá ser constituído de britas obtidas através do processo de britagem de rochas sãs.

O diâmetro máximo do agregado não deverá ser superior a $\frac{1}{4}$ (um quarto) da menor espessura da peça a concretar ou $\frac{2}{3}$ (dois terços) do espaçamento das barras de aço.

Os agregados deverão ser estocados de maneira correta, em superfícies regulares e também deverão ser evitados a mistura desses materiais com terra.

Todos os agregados poderão ser submetidos a ensaios de qualidade de acordo com as normas da ABNT.

4.3.3.3 Água

A água a ser utilizada na preparação de concretos, argamassas deverá ser isenta de substâncias estranhas, tais como:

- Óleos;
- Alcalis;
- Ácidos;
- Sais;
- Matérias orgânicas;
- Qualquer outra substância que possa interferir com as reações de hidratação do cimento e que possa afetar o bom adensamento, cura e aspecto final dos concretos e argamassas.

4.3.3.4 Bocas de lobo

As bocas de lobo serão com fundo em concreto, paredes em alvenaria com tijolos maciços com espessura de 25 cm (vinte e cinco centímetros) rebocadas em seu interior e grelhas em ferro fundido.

Esses dispositivos deverão ser executados em conformidade com o projeto. Cada boca de lobo apresenta uma dimensão.

4.3.3.5 Cal hidratada

O material deverá atender as condições mínimas da ABNT e as marcas de cal que poderão ser utilizadas são: Itacal, Itaú e Supercal.

4.3.3.6 Cimento

Os tipos de cimento a serem utilizados deverão ser adequados às condições de agressividade do meio a que estarão submetidos .

Para locais não sujeitos a agressividade, o tipo de cimento, caso não haja especificação particular, deverá ser o CP 32, em conformidade com as normas da ABNT.

As embalagens do cimento deverão apresentar íntegras durante o recebimento. Os mesmos deverão ser armazenados de forma correta e que facilite a sua inspeção e identificação.

Os cimentos deverão ser submetidos a ensaios executados por meio de amostras colhidas de acordo com as normas da ABNT e através de inspeção de depósitos. O lote que não atender as especificações deverão ser rejeitados.

4.3.3.7 Concreto

O concreto consiste na mistura de Cimento Portland, água, agregados miúdos e graúdos e se necessário aditivos.

A dosagem do concreto deverá ser racional, com traço que atendam economicamente a resistências especiais do projeto, bem como trabalhabilidade e durabilidade necessárias.

O concreto deverá ser transportado, desde seu local de mistura até o de colocação com maior rapidez. Para isso, pode-se utilizar equipamentos transportadores especiais para evitar o fenômeno da segregação.

O tempo máximo para o transporte através de caminhões betoneiras é de 1 h (uma hora). Qualquer outro tipo de transporte deverá ter um tempo máximo para o transporte igual a 0,30 h (zero vírgula trinta horas).

Antes do início do lançamento do concreto, a área a ser concretada deverá ser vistoriada com a finalidade de remover qualquer material que seja prejudicial ao concreto.

O concreto deverá ser lançado diretamente nos locais de aplicação, através de vibradores, com o objetivo de evitar a segregação.

O adensamento deverá ser executado através de vibradores com alta frequência. Esse equipamento deverá proporcionar um bom acabamento.

A cura do concreto deverá respeitar um período mínimo de 7 d (sete dias) após o lançamento, com a finalidade que a resistência máxima do concreto seja atingida.

4.3.3.8 Poços de visita

Os poços de visita serão quadrados, com fundo em concreto com $f_{ck}=10$ Mpa, parede em alvenaria de 25 cm (vinte e cinco centímetros) de espessura com tijolos maços rebocados em seu interior e tampa removível em concreto armado, com nível superior igual ao nível da rua. Os poços de visita deverão ser executadas em conformidade com o projeto.

4.3.3.9 Tubos de concreto

Os tubos em concreto armado utilizados na obra deverão apresentar classe de resistência mínima de EA2 conforme a NBR vigente, nos diâmetros de 400 mm (quatrocentos milímetros), 500 mm (quinhentos milímetro), 1000 mm (mil milímetros) e 1200 mm (mil e duzentos milímetros).

Os tubos deverão ser rejuntados externamente e internamente com argamassa aditivada, no traço 1:3, de cimento, areia. As tubulações deverão ser executadas em consonância com o projeto

4.3.3.10 Sarjetas e sarjetões

Os sarjetões de concreto deverão ser moldados *in loco*, apresentar resistência mínima de 18 Mpa seção em V, inclinação de 10 % (dez por cento) e espessura de 10 cm (dez centímetros).

Já as sarjetas são de concreto e deverão ser moldadas *in loco* com inclinação transversal do respectivo trecho da rua. Ambos dispositivos deverão ser executados de acordo com as seguintes NBR vigentes.

4.4 Quantitativos de projeto e estimativa de custo direto

De acordo com a AACE, Associação para o desenvolvimento da Engenharia de Custo (2016) uma estimativa de custo direto é a predição de custo de um projeto, de acordo com um determinado escopo documentado, a ser realizado em uma localização definida e num tempo futuro.

O Quadro 20 apresenta os quantitativos de projeto e uma estimativa de custo direto da obra para solucionar o sistema de microdrenagem existente. Utilizou-se a TCPO 13 para levantar os preços unitários de cada serviço e material.

QUADRO 20 - VER OUTRO ARQUIVO WORD EM FOLHA A3 PAG. 72

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi abordado o Projeto do Sistema de Microdrenagem da Rua Toledo Piza e das demais ruas pertencentes a bacia de contribuição em estudo. Verificou-se na Prefeitura Municipal da Campanha que não existe nenhum projeto para a área em estudo e que o sistema de microdrenagem existente é ineficiente e causa vários impactos para a população.

Constatou-se que a Rua Toledo Piza é a mais crítica da bacia de contribuição, pois o local sofre inundações todos os anos nos períodos com altos índices pluviométricos. Verificou-se que esse fenômeno é proveniente do elevado índice de impermeabilização da bacia, do aterro realizado em local inapropriado e do acelerado escoamento superficial.

Averiguou-se que a inexistência de sarjetões impedem o adequado direcionamento das águas pluviais e que o sistema não apresenta poços de visita para realizar a manutenção e a limpeza dos mesmos. Verificou-se que alguns trechos de sarjetas estavam danificados e que as redes de galerias são muito antigas e algumas estão assoreadas. Também constatou-se que a maioria das bocas de lobo estavam totalmente obstruídas e assoreadas, fator que contribui para a precariedade desse sistema.

Ao longo da elaboração do projeto percebeu-se a importância de cada componente hidráulico do sistema de microdrenagem. É um processo que requer um estudo cuidadoso dos critérios, pois devido a falta de normas da ABNT e incertezas de cálculo, os mesmos são apresentados por diversos autores e cabe ao projetista saber escolher qual critério adotar para que o sistema de microdrenagem funcione adequadamente.

Durante a elaboração do projeto propõe-se a implantação de sarjetões, poços de visitas e uma viela sanitária. Verificou-se que os trechos de sarjetas danificados eram passíveis de recuperação, portanto, essa foi a decisão adotada em relação a esse dispositivo hidráulico para que ele volte a ter boas condições de funcionamento.

Após a realização das verificações e do dimensionamento dos dispositivos hidráulicos verificou-se que era necessário substituir as tubulações existentes e implantar novas redes de galerias, pois as mesmas não comportam as vazões atuais de demanda.

Verificou-se que muitas bocas de lobos estavam assoreadas e as mesmas foram substituídas por bocas de lobos padronizadas e foram posicionadas em locais adequados para captar as águas pluviais. As bocas de lobo que possuíam boas condições de funcionamento e estavam posicionadas em local adequado foram mantidas.

Com a implantação deste projeto, haverá um adequado escoamento das águas pluviais, haverá um controle das inundações e ocorrerá a minimização dos impactos que a população está submetida atualmente.

Deste modo, conclui-se a etapa de estudo sobre o referido tema, onde todos os objetivos foram cumpridos com êxito. Verificou-se que os conhecimentos adquiridos ao longo do curso foram de suma importância para a realização deste trabalho e foram aplicados do desenvolvimento do projeto para solucionar o sistema de microdrenagem da Rua Toledo Piza e das demais ruas pertencentes a essa bacia de contribuição.

REFERÊNCIAS

- AACE. **As cinco metodologias de estimar custo.** Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/as-cinco-metodologias-de-estimar-custos-338016-1.aspx>> Acesso em: 18/10/2016 as 18 h e 30 min.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 297 p.
- CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto.** 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1980. 468p.
- DAEE. **Hidráulica de canais, travessias e barragens.** São Paulo. 2006. 50 p.
- FERREIRA, Alberto Silva; VIANA, Eugênio Souza; PIMENTA, Glenyo Rocha. **Estudo de caso de uma seção canalizada da bacia do Córrego Botafogo na cidade de Goiania – GO.** Relatório – Instituto Unificado de Ensino Superior Objetivo, Goiânia. 2014. 93 p.
- FREIRE, Cleuda Custódio; OMENA, Sylvia Paes Faria de. **Princípios de hidrologia ambiental.** São Carlos, 2005. 197 p.
- GARCIA, Samantha et al. **Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2010, v. 15, n. 6, p. 575-581.
- GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 11/08/2016 às 21 h 48 min
- GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 493 p.
- IME. **Drenagem urbana e de rodovias.** Rio de Janeiro, 2003. 176 p.
- JABUR, Andrea Sartori. **Alterações hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto Rio Ligeiro, Pato Branco – PR.** 2010. 176 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- LIMA, José Geraldo de Araújo. **Investigações experimentais da eficiência hidráulica em bocas de lobo em greide contínuo,** 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- MENEZES, Frederico Carlos Martins de; COSTA, Alfredo Ribeiro da. **Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais: uma abordagem alternativa.** Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2012, v. 1, n. 4, p. 12-22.
- PAZ, Adriano Rolim. **Hidrologia Aplicada.** Caxias do Sul. 2004. 138 p. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf> Acesso em: 15/03/2016 as 16 h e 38 min.
- PINTO, Nelson. L. S et al. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Blucher, 1976. 267 p.

Plúvio 2.1 – *Software*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Disponível para download em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>> Acesso em: 11/08/2016 às 16 h 30 min .

PREFEITURA MUNICIPAL DA CAMPANHA. **Mapa da Campanha com as curvas de nível**. Campanha, 2016.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**. Rio de Janeiro, 2010. 60 p.

RIGHETTO, Antônio Marozzi et al. **Manejo das águas pluviais urbanas**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

RUFINO, Marcílio Cândido. **Galeria da Rua Doutor Brandão**. Campanha. 2010.

SANTOS, Luciene Coutinho. **Problema de microdrenagem na Av. Deputado Renato Azeredo em Três Corações – MG**. Trecho compreendido entre a Av. De. Cícero e Rua João Rodrigues Beck. 2015. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2015.

SUDECAP. **Drenagem urbana**. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n], 1995. 140 p.

TOMAZ, Plínio. **Dissipadores de energia**. [S.1.: s.n], 2011. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_dissipadores/capitulo58.pdf> Acesso em: 27/03/2016 às 16 h e 35 min.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos**. [S.1.: s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf> Acesso em: 24/03/2016 as 15 h e 52 min.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. Guarulhos: [s.n], 2002.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães, MG**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. **Drenagem urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995, 427 p.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw Hill, 1975. 239 p.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo:ABES, 1978. 478 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Microdrenagem urbana**. São Paulo, 2015. Disponível em:

<http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf> Acesso em 07 de agosto às 13:15.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Modelo físico – matemático para o controle da erosão hídrica nas condições edafoclimáticas brasileiras.** Viçosa, 2008. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/docs/pluginRelatorio_CNPq_EditadoMCTCNPqCTHIDRON132005.pdf> Acesso em 07/08/2016 às 15 h 43min.

APÊNDICE A - Sub bacias

PLOTAGEM A0 – FOLHA 01

APÊNDICE B - Planta baixa

PLOTAGEM A0 – FOLHA 02

APÊNDICE C - Perfis longitudinais da rede do sistema de microdrenagem

PLOTAGEM A0 – FOLHA 03

PLOTAGEM A0 – FOLHA 04

PLOTAGEM A0 – FOLHA 05

APÊNDICE D - Detalhes

PLOTAGEM A0 – FOLHA 06