

ANDRESA BARROS GUIMARÃES
LEONARDO FERNANDO FERREIRA

**ESTUDO DE CASO: DRENAGEM PLUVIAL DA PRAÇA
CESÁRIO ALVIM, CARATINGA-MG**

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM- MINAS GERAIS

2015

ANDRESA BARROS GUIMARÃES
LEONARDO FERNANDO FERREIRA

**ESTUDO DE CASO: DRENAGEM PLUVIAL DA PRAÇA
CESÁRIO ALVIM, CARATINGA-MG**

Monografia apresentada à banca examinadora do curso de Engenharia Civil, do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como exigência parcial de obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do professor Ricardo Botelho Campos.

DOCTUM- CARATINGA

2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me guiou pelos caminhos certos, me concedendo sabedoria quando eu o pedi, que iluminou meus pensamentos me dando força e me protegendo de todos os males, para vencer essa primeira etapa, e que sei que continuará me abençoando, para que eu consiga alcançar mais objetivos e sonhos.

A minha família, meus pais José e Custódia, minhas irmãs Aldeneide e Aucione e meu cunhado Bruno, por todo amor e apoio, por sempre me mostrarem o caminho certo e não me deixarem desistir, me ajudando quando mais precisei, e me mostrando que os verdadeiros amigos que tenho em minha vida são eles. Agradeço a meu cunhado e amigo Senézio Miranda (em memória), que sempre me motivou, me ensinou que, devemos viver um dia de cada vez e que nunca é tarde para correr atrás dos sonhos.

Ao meu amigo e dupla de TCC, Leonardo Fernando, que só ele sabe o quanto foi difícil de chegar até aqui, obrigada por todo apoio e paciência.

Ao professor Ricardo Botelho, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todos os professores, que fizeram direta ou indiretamente parte da minha vida acadêmica, por todo conhecimento repassado, por nos atenderem prontamente quando precisamos de ajuda, em especial aos professores Rogério Alves Santana e José Salvador Alves por todo apoio e conhecimento transmitidos. Junto a eles, ressalto os coordenadores de curso, André Ribeiro por todo incentivo e o João Moreira que sempre esteve preparado para nos atender.

Aos meus amigos e colegas de turma, pela amizade e companheirismo sempre, pelos bons e maus momentos que tivemos juntos.

As minhas amigas (os) meus afilhados (as), que compreenderam meus momentos de ausência, pelos incentivos e por compartilharem de todos os momentos comigo, quer fossem de alegrias ou de tristezas.

Enfim obrigada a todos, que fizeram parte da minha formação.

Andresa Barros Guimarães

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.
Aos meus pais principalmente, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha esposa Priscylla Vieira, pela paciência, compreensão e apoio.

Agradeço a minha colega Andresa, pela ajuda e descontração nos momentos de tensão.

Ao pessoal da assessoria de projetos (Prefeitura Mun. De Caratinga), principalmente ao engenheiro Wladimir Barros, obrigado pelo apoio.

Ao meu amigo/irmão Wagner Araújo, pelos seus ensinamentos, valeu amigo.

A meu amigo Sedecias Neto, pela parceria nestes 5 anos.

A minhas cunhadas Paula e Phalloma.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, regado pela enorme confiança no mérito e ética, aqui presentes.

Em especial aos professores: Rogério Santana (kiko) e José Salvador, que tanto se dedicaram para nos ensinar.

Ao professor e orientador Ricardo Botelho, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Leonardo Fernando Ferreira

RESUMO

Um sistema de Drenagem Pluvial é resultado de um projeto de engenharia realizado por uma equipe de profissionais devidamente capacitados, pois, os sistemas de drenagem são as estruturas e instalações responsáveis pelo transporte, tratamento, retenção e disposição das águas precipitadas o mais rapidamente possível. Devido aos alagamentos ocorridos na Praça Cesário Alvim, Centro de Caratinga- MG busca-se analisar a rede de Drenagem Pluvial existente, verificando sua capacidade de transportar os volumes de águas das chuvas sem que haja transbordamento nas bocas de lobo e/ou poços de visita. Pretende-se realizar um estudo no local em busca das causas desses alagamentos verificando a causa do problema, de modo que serão apresentadas soluções, visando diminuir os transtornos que a chuva vem causando no local.

Palavras-chave: Águas precipitadas; Alagamentos; Soluções.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Galeria de drenagem pluvial circular	24
Figura 1.2 - Poço de Visita	25
Figura 1.3 - Boca de lobo	26
Figura 1.4 - Tubo de ligação	27
Figura 1.5 - Sarjeta.....	28
Figura 1.6 - Morro Caratinga (10/11/2015)	32
Figura 2.1: Sistema de drenagem interno da Praça Cesário Alvim - Boca de lobo obstruída.....	36
Figura 2.2: Sistema de drenagem da Praça Cesário Alvim.....	37
Figura 2.3: Lixo depositado em boca de lobo.....	38
Figura 2.4: Delimitação da bacia contribuinte.....	40
Figura 2.5: Alagamento da Praça Cesário Alvim (22/10/2015).....	41
Figura 2.6: Alagamento da Praça Cesário Alvim (22/10/2015).....	43
Figura 3.1: Boca de lobo obstruída.....	53
Figura 3.2: Ligação da boca de lobo à galeria	54
Figura 3.3: Poço de visita.....	56
Figura 3.4: Ponto de despejo	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Números da enchente de 2003 / Caratinga – MG	17
Tabela 2: Dados Meteorológicos de Caratinga (Referentes ao dia 22/10/2015).....	42
Tabela 3: Modelo de planilha para cálculo de galerias de águas pluviais.....	44
Tabela 4: Valores usuais de coeficiente de runoff C.....	45
Tabela 5: Resultados obtidos.....	50
Tabela 6: Resultados obtidos.....	51
Tabela 7: Correções dos diâmetros.....	58
Tabela 8: Correções dos diâmetros.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BL - Boca de Lobo

CM - centímetro

KM - Quilômetro

m/s - Metro por segundo

Min - Minuto

MM - Milímetro

PV - Poço de Visita

l - litros

m² - metro quadrado

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 DRENAGEM URBANA	20
1.1 PRINCÍPIOS E FINS.....	20
1.2 ESGOTAMENTO PLUVIAL.....	21
1.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	22
1.3.1 Principais obras e elementos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial	23
1.4 VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	30
1.4.1 Estudos preliminares	30
1.4.2 Anteprojeto	34
1.4.3 Projeto executivo	35
2 SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DA PRAÇA CESÁRIO ALVIM	36
2.1 DADOS SOBRE A REDE EXISTENTE	36
2.1.1 Estado de conservação	38
2.2 DEMARCAÇÕES DA BACIA CONTRIBUINTE.....	39
2.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	40
2.4 CÁLCULOS DE VERIFICAÇÃO DA DRENAGEM	43
2.5 APLICAÇÕES DOS CÁLCULOS PARA VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DAS GALERIAS.....	49
3 DIAGNÓSTICOS DAS CONDIÇÕES DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL E MEDIDAS MITIGADORAS	53
3.1 ANÁLISES DO SISTEMA DE DRENAGEM.....	53
3.1.1 Análises das bocas de lobo	53
3.1.2 Análises dos poços de visita	55
3.1.3 Análises gerais das galerias	57
3.2 ESTIMATIVAS DAS CORREÇÕES A SEREM FEITAS	58
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

Apêndice A	64
Apêndice B	68
Apêndice C	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

INTRODUÇÃO

Devido à impermeabilização de áreas de infiltração, ocorre um aumento do escoamento superficial, esse por sua vez, causa incômodos à população quando se trata de uma cidade ou qualquer área habitada. O presente estudo mostra um exemplo de tal acontecimento, onde, com o grande aumento populacional da cidade de Caratinga-Mg, ocorreu a diminuição de áreas permeáveis, fazendo com que as águas das chuvas escoem diretamente para os locais de cotas inferiores, causando alagamentos em vários pontos da cidade, principalmente no centro, local de grande movimento comercial. Com o aumento do escoamento e da velocidade das águas, a drenagem é sobrecarregada não suportando a vazão. Para solução de tal problema é necessário à obtenção de algumas informações, como: o levantamento topográfico, análise da bacia hidrográfica do local, índice de escoamento superficial, índice pluviométrico, entre outros. Tais dados, não foram obtidos através de entrevistas ou projetos (se existentes), por se tratar de uma rede mais antiga, e nenhum dos órgãos procurados possuem informações concretas sobre o sistema de captação pluvial.

A presente pesquisa possui relevância sob três aspectos distintos: acadêmico, social e profissional.

Sob o ponto de vista acadêmico, esta pesquisa se faz relevante por permitir aos idealizadores do projeto, adquirir conhecimentos específicos práticos e teóricos do conteúdo em questão, com ganho para a formação pessoal e profissional.

No ponto de vista social, visa contribuir com a redução de perdas comerciais e residenciais, doenças causadas pela água contaminada devido aos alagamentos e o bem estar da população.

Por fim, sob o ponto de vista profissional, engloba vários conceitos da engenharia como, por exemplo: Hidráulica, Hidrologia, Topografia, Saneamento, Desenho técnico e Concepção de projeto.

A pesquisa limita-se em verificar a rede de drenagem pluvial que abrange a Praça Cesário Alvim, Caratinga-Mg a partir da seguinte interrogante: Como verificar

a capacidade do sistema de drenagem da Praça Cesário Alvim, analisar e apresentar uma proposta para diminuir o problema?

Tal problema será analisado baseando-se nos objetivos específicos:

- Revisar bibliografias;
- Coletar dados sobre a rede existente;
- Informações sobre o índice pluviométrico da região de Caratinga;
- Delimitar a área da bacia hidrográfica contribuinte;
- Obter a vazão resultante da precipitação de projeto;
- Encontrar a capacidade de vazão da rede existente e comparar com a vazão de projeto;
- Verificar as condições de manutenção da rede existente no local;
- Apresentar meios de amortização do problema.

A hipótese dessa pesquisa mostra que, a verificação da drenagem da Praça Cesário Alvim é possível, baseando-se na definição de que, a partir de técnicas de engenharia urbana, se calcula a vazão disposta no local, para a verificação da capacidade da rede existente, contanto que, seja feito um levantamento da drenagem, mostrando as dimensões e inclinações dos coletores. Supondo que a rede não suporte tal vazão solicitante os diâmetros deverão ser alterados.

Para a estruturação da pesquisa, foram adotados alguns métodos catalogados abaixo:

- Revisar bibliografia, coletar dados, selecionar conceitos, reunir projetos afins para análise de diferentes interpretações, constituirão parte de um grupo de objetivos caracterizados como cognitivos ou de construção da base teórica da pesquisa.

- Um segundo grupo de atividades, definidos como operacionais, assim como, visitar os pontos de drenagem, observar as declividades e pavimentações dos locais, usar o topoGRAPH e o AutoCAD para obtenção de curvas de nível e áreas de drenagem.

- Esses dois agrupamentos de metas permitirão o acompanhamento da realidade operacional e cognitiva, que marcarão as alterações do objeto em tela, requeridos pela hipótese desta investigação.

- Para detalhar os procedimentos adotados para o desenvolvimento cognitivo e operacional da pesquisa, optou-se pela seguinte caracterização metodológica:

- Durante todo o processo, a revisão bibliográfica terá como marca fundamental, a proximidade com o marco teórico, para a definição entre bibliografia básica e complementar;

- A análise dos projetos afins será feita no sentido de permitir sintetizar novos fundamentos para a elaboração de novos conceitos que contribuirão para melhora do sistema.

- A seleção das visitas e as observações permitirão uma representação empírica quantitativa do corpo teórico, porque foram estruturadas sob a seguinte pauta de interesses: econômico, social e profissional.

- Contemplando todo o exposto acima a monografia será composta por “3” capítulos. O primeiro abordará sobre o tema drenagem pluvial urbana, objetivando a composição de projetos. Já o segundo capítulo irá expor as informações coletadas e a verificação dos sistemas existentes no local. E finalmente, o terceiro capítulo ressaltará os resultados obtidos e possíveis formas de mitigação do problema.

A cidade de Caratinga - Mg “possui cerca de 85% de sua área formada por relevo montanhoso, 10% em local ondulado e apenas 5% de área plana” ¹, o centro da cidade está localizado em área plana de baixa altitude cercado por montanhas,

¹ SAYGLI, Monir Ali. **HISTÓRIA DE CARATINGA**. Caratinga: Ana Pontes Ltda, 1998. p. 156.

e ainda existe a passagem de córregos no local, lugar para onde é direcionada pela drenagem a maior parte da vazão de águas precipitadas.

Com a decadência da mineração nos sertões planaltinos no início do século XIX houve um processo de migração do interior para o litoral, determinando a vinda de importantes agricultores para o local formando assim a cidade, “com o passar do tempo e com o grande aumento populacional devido aos vários processos de emancipação, a população cresceu bastante e de forma desordenada.”² Essa habitação desordenada resultou na diminuição de áreas permeáveis, aumento da produção de lixo e falta de saneamento.

De acordo com o Ministério da saúde:

No processo de assentamento dos agrupamentos populacionais, o sistema de drenagem se sobressai como um dos mais sensíveis dos problemas causados pela urbanização, tanto em razão das dificuldades de esgotamento das águas pluviais como devido à interferência com os demais sistemas de infraestrutura, além de que, com retenção da água na superfície do solo, surgem diversos problemas que afetam diretamente a qualidade de vida desta população.³

Sendo assim, associado ao meio ambiente e ao relevo da região, Caratinga sofre com inundações e deslizamentos de terra durante o período chuvoso, consequência da pouca vegetação em áreas de risco e da impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem devido à ocupação do solo.

Estes fatores influenciam em diversos problemas em todo o país, de modo que uma precipitação de alta intensidade é capaz de devastar cidades em poucos minutos, tal fato devido à falta de permeabilidade do solo urbano e drenagem deficiente. A cidade de Caratinga, uniformemente como outras cidades sofre com essa situação.

As águas das chuvas são encaminhadas para fora da cidade pelo sistema de drenagem e despejadas em locais próprios onde seguirá sem causar

² SAYGLI, Monir Ali. **HISTÓRIA DE CARATINGA**. Caratinga: Ana Pontes Ltda, 1998. p. 03.

³ MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 1999, p. 265.

incômodos, na maioria das vezes o sistema de drenagem subterrâneo é o mais usado.

Segundo John E. Gribbin:

Coletores e galerias de água pluvial são tubulações subterrâneas usadas para transportar, segura e convenientemente, as águas de chuva de áreas urbanizadas até os corpos d'água, como córregos, rios e lagos. São usados tipicamente em estradas, áreas de estacionamento e, algumas vezes, em gramados.⁴

Esse sistema deve passar por um processo de manutenção, pois, um entupimento resultará em inundações e alagamentos. Para que se obtenha um sistema eficiente, deve-se realizar uma série de estudos no local, como por exemplo: intensidade pluviométrica, área influente da bacia, declividade mínima e máxima, máxima cheia do local de despejo para evitar afogamento e refluxo da rede, permeabilidade da bacia.

Archibald Joseph Macintyre diz o seguinte:

O esgotamento pluvial é objeto específico da Hidrotécnica Urbana ou, como modernamente se diz, da Engenharia de Drenagem Superficial. Esse ramo da Hidrotécnica evidentemente abrange uma ampla faixa de aplicação de estudos hidrológicos e Hidrotécnicos, que vão desde a obtenção de dados pluviométricos, o estabelecimento da equação de previsão das chuvas e o estudo das bacias contribuintes até o dimensionamento e projeto das redes de escoamento de águas pluviais (coletores e galerias) e das estruturas hidráulicas singulares (bueiros, pontilhões, boca de lobo etc.).⁵

A delimitação da bacia hidrográfica da área será um passo importante do projeto, pois, a partir dessa área é que se consegue medir a vazão. “pode-se conceituar bacia hidrográfica como sendo uma área definida e fechada topograficamente em um ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através desse ponto.”⁶

⁴ GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 3. ed., Tradução: Glauco Peres Damas. São Paulo: Cengage Learning, [2009], p. 229.

⁵ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996, p. 281.

⁶ GARCEZ, Lucas Nogueira; Acosta Alvarez, Guillermo. **Hidrologia**. 2. ed., São Paulo: Blucher, 1988, p. 43.

Um sistema de drenagem urbana, deve se sobressair às dificuldades de esgotamento das águas pluviais, como à interferência com os demais sistemas de infraestrutura. Este é um dos fatores a se considerar na elaboração do projeto.

Segundo o ministério da Saúde:

O sistema de drenagem de um núcleo habitacional é o mais destacado no processo de expansão urbana, ou seja, o que mais facilmente comprova a sua ineficiência, imediatamente após as precipitações significativas, trazendo transtornos à população quando causa inundações e alagamentos.⁷

Caratinga vem enfrentando esse problema, pois a cidade cresceu de forma repentina e provavelmente a rede de drenagem teve sua capacidade excedida. Um local muito afetado é o centro da cidade que abrange a Praça Cesário Alvim, onde está concentrada uma grande parte do comércio da cidade, esse lugar possui cota inferior em relação aos demais pontos da cidade tornando-se ponto de alagamentos, essa topografia acidentada e o acúmulo de lixo nas ruas, contribuem significativamente para esses transtornos.

As enchentes causaram grandes perdas para a cidade de Caratinga, em 2003, por exemplo, as intensidades das precipitações foram bem maiores e as consequências estão relatadas na Tabela 1:

⁷ MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 1999, p. 265.

Tabela 1: Números da enchente de 2003 / Caratinga – Mg.

Vítimas fatais	04
Pessoas desalojadas	6800
Pessoas desabrigadas	433
Imóveis destruídos	80
Imóveis em situação de risco	86
Deslizamentos de terra	120
Vias públicas interditadas	13
Vias públicas parcialmente destruídas	38
Pontes e Estradas Vicinais Destruídas	Sem avaliação
Estabelecimentos Comerciais Atingidos	446
Prejuízos Para o Setor de Comércio	R\$ 52.000.000,00
Número de Ocorrências Ocasionadas pela Enchente	646

Fonte: <http://defesacivilctgamg.blogspot.com/2007/01/nmeros-da-enchente-de-003caratingamg.html>> Acesso em: 26 de março de 2015.⁸

Observando a tabela, percebe-se a magnitude do problema causado pelas chuvas em Caratinga, ao todo 4 pessoas morreram e muitas ficaram sem abrigo devido aos deslizamentos, imóveis em situação de risco e por causa do nível que a água atingiu nas casas. Os prejuízos referentes ao comércio foram enormes, um total de R\$ 52.000.000,00 foi informado pela defesa civil, algo relevante considerando o tamanho da cidade. Como a abordagem dessa pesquisa é relacionada à área central da cidade na Praça Cesário Alvim, local de alta densidade comercial e turística, esse lugar vem sofrendo com alagamentos devido a um possível problema de drenagem. Esses alagamentos causam perdas enormes ao comércio, pois, danificam os produtos e impedem a circulação de clientes.

⁸ DEFESA CIVIL/ MG. **Números da Enchente de 2003/Caratinga-Mg. Minas Gerais, maio 2007.** Disponível em: <<http://defesacivilctgamg.blogspot.com/2007/01/nmeros-da-enchente-de-2003-caratinga-mg.html>> Acesso em: 26 de março de 2015.

De frente aos enormes prejuízos causados na época, devem-se esperar possíveis repetições do ocorrido, sendo assim, percebe-se a importância dessa pesquisa focada no funcionamento do sistema de drenagem da praça principal local, considerado como ponto turístico da cidade.

Logo, obtendo os índices referentes às precipitações faz-se o estudo topográfico onde se obtém as curvas de nível para definir inclinações, comprimentos, áreas de drenagem e traçados da rede. O levantamento topográfico e o projeto de urbanização fornecem os grades, ou seja, a declividade da distribuição das ruas e das áreas que serão drenadas, os grades são usados para cálculo hidráulico dos coletores, em que será necessário calcular o diâmetro do coletor e a verificação do regime de escoamento, e posteriormente o comprimento dos tubos definindo dois pontos: início e fim. Isto é claro, em caso de elaboração de um novo projeto.

Como mostra Archibald Joseph Macintyre:

O levantamento topográfico e o projeto de urbanização fornecem os grades, isto é, as declividades dos arruamentos e das áreas a drenar, elementos indispensáveis para o projeto da drenagem de águas pluviais. Para obter uma primeira ideia da declividade a dar ao coletor, deve-se considerar que acima dele deve haver uma camada de proteção, isto é, de recobrimento, o que limita a profundidade do coletor no terreno. Em seguida, vê-se a cota do ponto onde o coletor irá desaguar: nível d'água no rio, canal e, eventualmente, um PV. Mede-se o comprimento.⁹

Após realização de todos os processos anteriores, será realizado o preparo da planilha e a elaboração do projeto como solução para o problema se constatado a falha do sistema de drenagem existente. Tudo de acordo com as exigências do município.

Para desenvolvimento da pesquisa tomou-se de Archibald Joseph Macintyre, o seguinte marco teórico:

O esgotamento pluvial é objeto específico da Hidrotécnica Urbana ou, como modernamente se diz da Engenharia de Drenagem Superficial. Esse

⁹ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996, p. 304.

ramo da Hidrotécnica evidentemente abrange uma ampla faixa de aplicação de estudos hidrológicos e Hidrotécnicos, que vão desde a obtenção de dados pluviométricos, o estabelecimento da equação de previsão das chuvas e o estudo das bacias contribuintes até o dimensionamento e projeto das redes de escoamento de águas pluviais (coletores e galerias) e das estruturas hidráulicas singulares (bueiros, pontilhões, boca de lobo etc.).¹⁰

Devido à intensidade das águas precipitadas na região de Caratinga, a cidade enfrenta um problema sério de ineficiência do sistema de drenagem, onde a rede não suporta a água resultante do escoamento superficial, isso gera grandes transtornos para os comerciantes, moradores e turistas.

Os alagamentos causados na Praça Cesário Alvim, fazem com que os comerciantes tenham perdas de mercadorias, além de impossibilitar o tráfego de pedestres, veículos e causar doenças à população.

Com a verificação da rede do local, serão apontadas soluções baseadas em técnicas de engenharia de drenagem urbana, procurando reduzir ao máximo esses inconvenientes.

¹⁰ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996, p. 281.

1 DRENAGEM URBANA

1.1 PRINCÍPIOS E FINS

Um projeto de drenagem urbana é um artefato técnico, voltado para o futuro, que tem como objetivo dirigir as ações e a técnica decisória em consideração dos problemas de inundações e alagamentos de uma bacia. Como tal, precisa fundar-se em dados satisfatórios e confiáveis baseando-se em tecnologias de fácil acesso, para afrontar os problemas que se apresentam.

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano do Estado de São Paulo nos fala que:

Um bom plano de drenagem urbana depende do uso de muitos outros fatores. Os mais comuns são aqueles que se referem a aspectos institucionais, legais, culturais, gerenciais, econômicos, políticos, fiscais e outros. Estes aspectos podem representar restrições importantes ao desenvolvimento de um bom plano, mas podem também oferecer oportunidades a explorar.¹¹

Dessa forma, projetos acabam sendo influenciados pelo ambiente, região ou país onde são realizados. As influências dos fatores ambientais, a composição lógica e o modo que regem o desenvolvimento destes projetos são muito semelhantes e firmados pela prática. Os princípios e os objetivos cumprem papéis essenciais no processo de programação, não só porque deliberam as características fundamentais do projeto, mas porque, determinam e compõem toda a extensão do serviço. Os princípios são afirmações que constituem a formação conceitual e dão suporte ao projeto. Logo, são considerações e valores efetivos para a elaboração do projeto, que são largamente apropriados para a solução do problema.

11 SÃO PAULO (Estado). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo, SMDU 2012. P. 14. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2015.

1.2 ESGOTAMENTO PLUVIAL

Devido ao crescimento dos agrupamentos populacionais urbanos ocorre o aumento da demanda por saneamento, surgem problemas de infraestrutura, como por exemplo, retenção da água na superfície do solo, afetando diretamente a qualidade de vida da população, consequência das dificuldades de esgotamento das águas pluviais. Na engenharia, a solução para esses problemas são tratadas em duas partes diferentes: A microdrenagem e a macrodrenagem.

De acordo com Azevedo Netto:

A microdrenagem, que se iniciam nas edificações, seus coletores pluviais, prossegue no escoamento das sarjetas e entra nos bueiros e galerias; aí os estudos voltam-se para os traçados das ruas, seus detalhes de largura, perfis transversais e longitudinais, para a topografia, declividades e para utilização viária, seja de veículos, seja de outras utilidades públicas. A macrodrenagem, para a qual interessa mais a área total da bacia, seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos d'água urbanos, bem como aspectos sociais envolvidos nas soluções adotadas, lembrando que a simples canalização de um córrego nem sempre é benéfica para a população.¹²

Logo, para se evitar contratempos é preciso entender o funcionamento dos processos de execução de microdrenagem e de macrodrenagem. Em situações onde a área a ser drenada é pequena, usa-se a microdrenagem como ferramenta, logo, precisa-se de informações mais detalhadas sobre as dimensões transversais e longitudinais das ruas e desníveis. É comumente empregado nesse sistema o uso de boca de lobo, sarjetas, poços de visita, tubos de ligações (ramais) e condutos (rede principal). Procura-se inibir o escoamento superficial captando as águas precipitadas dirigindo-as para o sistema.

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul assume que:

A macrodrenagem recebe geralmente os aportes da microdrenagem e é constituída por córregos, riachos e rios da zona urbana. Frequentemente córregos e riachos são retificados e encapados (engalerizados). O rol clássico de obras de macrodrenagem constitui-se de retificação e

¹² AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998. p. 543.

ampliação das seções de canais naturais, construção de canais artificiais, grandes galerias, além de estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia, amortecimento de picos, proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento.¹³

Logo, quando precisar, para a elaboração de um projeto de macrodrenagem, deve ser realizado um estudo mais abrangente sobre a área da bacia hidrográfica, há uma preocupação maior com os percursos das águas das chuvas, com os cursos d'água urbanos e com as áreas de impermeabilização.

Esta pesquisa está relacionada com um projeto de microdrenagem da Praça central da cidade de Caratinga-Mg, local que corresponde a uma pequena parte da bacia hidrográfica da cidade, então serão apresentados apenas os conceitos referentes à microdrenagem.

1.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Originado nas precipitações, o escoamento superficial é a parte do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da terra.

De acordo com Pinto:

Parte da água das chuvas é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, de onde se evapora posteriormente. Do volume que atinge a superfície do solo, parte é retida em depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície logo que a intensidade da precipitação supere a capacidade de infiltração no solo e os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos.¹⁴

Logo, nem toda a água de precipitação escoar pela superfície do terreno até as bocas de lobo, parte é retida pelo solo, diminuindo o escoamento superficial à jusante. Percebe-se então que a natureza do terreno, ou seja, sua permeabilidade

¹³ INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq) "André Luiz Lopes". Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão. Apresenta um curso de gestores regionais de recursos hídricos, 2002. P. 24. Disponível em: <ftp://ftp.cefetes.br/cursos/transportes/Zorzal/Drenagem%20Urbana/Apostila%20de%20drenagem%20urbana%20do%20prof%20Silveira.pdf>. Acesso em 27 de maio de 2015.

¹⁴ PINTO, Nelson L. de Sousa et al. **HIDROLOGIA BÁSICA**. São Paulo: Blucher, 1976. p. 36.

influencia na vazão escoada. Para o cálculo da vazão usa-se um coeficiente de impermeabilização ou impermeabilidade, representado por “r” (outros autores adotam símbolos diferentes, mas a nomenclatura é a mesma). “Onde, em zona de loteamentos e de complexos industriais com pavimentação: $r = 0,80$, e em zona de loteamentos com edifícios e casas com terrenos e fábricas com grandes áreas de terra ou gramadas: $r = 0,60$ ”.¹⁵ Portanto, dependendo da capacidade permeável do solo a vazão será influenciada. No caso das cidades onde a maior parte das áreas é impermeável, podem ocorrer inundações constantes em alguns pontos, ocasionadas pela ação da interceptação e da acumulação de águas provenientes das chuvas.

1.3.1 Principais obras e elementos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial

Um sistema coletor principal é composto por algumas partes. O concreto armado é o material mais usado atualmente.

De acordo com John E. Gribbin, o sistema é dividido em alguns componentes:

Os três componentes principais de um sistema coletor pluvial são a estrutura de entrada, a tubulação e o muro de contenção. A estrutura de entrada é projetada para permitir a afluência das águas pluviais no sistema de coleta; a tubulação transporta águas pluviais em direção ao corpo receptor; e o muro de contenção permite que as águas pluviais saiam do sistema.¹⁶

Esses fragmentos são dimensionados de acordo com a vazão calculada no projeto baseando-se principalmente na máxima precipitação que ocorre na região. Aqui estão listados alguns dos fragmentos desses componentes:

¹⁵ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996, p. 300.

¹⁶ GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 3. ed., Tradução: Glauco Peres Damas. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

- **Galeria**

De acordo com Bidone e Tucci, galerias são:

Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas; um trecho é a porção de galeria situada entre dois poços de visita; os diâmetros comerciais correntes são os seguintes: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50 m; as galerias pluviais, sempre que possível, deverão ser lançadas sob os passeios.¹⁷

As galerias são as canalizações (Figura 1.1) públicas que conduzem águas pluviais e que não estão visíveis, pois se encontram abaixo dos pavimentos e passeios.

Figura 1.1 - Galeria de drenagem pluvial circular.



Fonte: Acervo do autor.

¹⁷ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

- **Poço de Visita**

Conforme Bidone e Tucci, poços de visita (Figura 1.2) são:

Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, declividade e diâmetro, reunião de vários coletores em cruzamento de ruas, além da inspeção e limpeza das canalizações; espaçamento de 120 a 180 m dependendo do diâmetro dos tubos.¹⁸

Muitas vezes, devido às obras de recapeamento ou pavimentação asfáltica, os poços de visita são cobertos, isso dificulta o acesso, caso seja preciso inspecionar ou dar manutenção.

Figura 1.2 - Poço de Visita.



Fonte: <http://grupotucano.com.br/servicos/detalhes-ambiental/id/4>. Acesso em 12/10/2015.¹⁹

¹⁸ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

¹⁹ GRUPO TUCANO. Disponível em: <<http://grupotucano.com.br/servicos/detalhes-ambiental/id/4>>. Acesso em 12/10/2015

- **Bocas de lobo**

Bidone e Tucci dizem que, bocas de lobo (Figura 1.3) são:

Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais das ruas; são locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento; espaçamento máximo de 60 m entre elas é recomendado caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta; a melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas; não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes.²⁰

Em muitos locais estes dispositivos são obstruídos pelo lixo, ocasionando conseqüentemente em alagamentos nas ruas.

Figura 1.3 - Boca de lobo.



Fonte: Acervo do autor.

²⁰ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

- **Tubos de ligações**

Conforme Bidone e Tucci, Tubos de ligações (Figura 1.4) são: “Canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou para os poços de visita”.²¹ São chamados também de Ramais de ligações no meio técnico. Os tubos de ligações são ligados à rede principal através de caixas de ligações ou pelos poços de visita. O diâmetro mínimo recomendado é de 0,40 m podendo ser usado diâmetro de 0,30 m em casos específicos. A caixa de ligação, além de receber o tubo de ligação, serve para evitar o excesso de ligações em um mesmo poço de visita, porém essas caixas não são visitáveis.

Figura 1.4 - Tubo de ligação.



Fonte: <http://www.guiadeconstrucao.com.br/lojas.php?pag=3>. Acesso em 12/10/2015.²²

²¹ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

²² CONSTRUÇÃO NA SERRA. Disponível em: <<http://www.guiadeconstrucao.com.br/lojas.php?pag=3>>. Acesso em 12/10/2015

- **Sarjetas**

Bidone e Tucci informam que, sarjetas (Figura 1.5) são:

Faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam; (os meios-fios são elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio).²³

As sarjetas comportam-se como canais de seção triangular, no dimensionamento de sarjetas e sarjetões, o importante é determinar a máxima vazão de projeto para comparação com a vazão originada pelas precipitações, e então decidir o posicionamento das bocas de lobo que são responsáveis por retirar essa água da superfície das ruas.

Figura 1.5 - Sarjeta.



Fonte: Acervo do autor.

²³ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

- **Sarjetões**

Segundo Bidone e Tucci, sarjetões são: “Calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas”.²⁴ Os sarjetões são usados também para realizar a conexão de sarjetas, o dimensionamento e especificação do material de um sarjetão é baseado na capacidade hidráulica de tráfego previsto para a via. É importante que os sarjetões tenham capacidade suficiente para escoarem as vazões na qual forem submetidos, caso contrário, as águas podem causar erosões na terra ou até pontos de alagamentos.

- **Condutos forçados**

Bidone e Tucci esclarecem que, condutos forçados são: “Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas, de maneira segura e eficiente, com preenchimento da seção transversal”.²⁵ Geralmente quando não se consegue levar a água pluvial de um lugar para outro usando apenas a gravidade, recorre-se aos condutos forçados e às estações de bombeamento.

- **Estações de bombeamento**

Bidone e Tucci explicam que, estações de bombeamento são: “Conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade, para outro canal em nível

²⁴ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

²⁵ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

mais elevado ou receptor final".²⁶ Este é um sistema mais complexo e caro, porém pode vir a ser útil em casos onde os rios não suportam as vazões das cheias.

1.4 VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para melhor assimilação e organização de um projeto de drenagem pluvial, é conveniente ter à disposição um roteiro, contendo as etapas de construção projetual, esse trajeto não precisa ser severamente seguido, é usado para auxiliar o projetista, ou seja, são itens que devem ser atendidos para melhor detalhamento e veracidade do projeto final, além disso, um projeto pode diferir de outro fazendo com que o elaborador do mesmo tenha que buscar outras soluções.

Logo a verificação da rede de drenagem pluvial da Praça Cesário Alvim Será embasada nos seguintes critérios: Estudos preliminares, anteprojeto e projeto executivo.

1.4.1 Estudos preliminares

Esta etapa corresponde à fase inicial do planejamento, onde se analisam os aspectos que orientarão as decisões.

Para Azevedo Netto, é preciso que se realizem algumas tarefas na etapa inicial do projeto:

1. Determinação da bacia contribuinte da bacia a ser drenada.
2. Elaboração da planta geral da bacia contribuinte, em escala adequada.
3. Coleta de dados e elementos disponíveis:
 - a) Elementos topográficos: planta atualizada da bacia em escala conveniente;
 - b) Dados e informações sobre projetos urbanísticos ou de melhoramentos previstos pela entidade urbanizadora competente, a saber, canalização de córregos, avenidas, obras de arte especiais, modificações no sistema viário, etc...

²⁶ BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105.

- c) Levantamento planialtimétrico – cadastral de implantação de coletores principais (vuelas) e dos canais para os cursos de água existentes, pontes, viadutos, etc...
- d) Dados cadastrais do sistema de drenagem águas pluviais existente na área de estudo;
- g) Dados pluviométricos na área de estudo e suas imediações.²⁷

Nesta etapa serão coletados os dados necessários para a verificação do sistema de drenagem pluvial. O primeiro passo consiste em delimitar a área de contribuição. Caso não haja levantamento topográfico disponível deverá ser constituído o mesmo, nesta pesquisa as medidas foram levantadas para verificação dos levantamentos disponíveis. Para verificar o sistema de drenagem da Praça Cesário Alvim fez-se necessário realizar um levantamento planialtimétrico, pois, a partir deste que se obtêm as declividades da bacia e o perfil longitudinal do terreno para demonstração do traçado vertical da rede.

De acordo com Azevedo Netto o estudo da bacia deve ser realizado baseando-se nos seguintes conceitos:

- 5. Reconhecimento minucioso da bacia contribuinte com atenção especial aos seguintes pontos:
 - a) Índice de ocupação urbana;
 - b) Índice de impermeabilização da bacia e suas tendências;
 - c) Características da vegetação existente;
 - d) Natureza dos solos encontrados na bacia.
- 6. Programação para obtenção de novos dados necessários à elaboração dos trabalhos, inclusive topográficos (quando necessário).²⁸

A bacia influente à rede da Praça Cesário Alvim foi delimitada através de visitas ao local e consulta à planta topográfica. Hoje está área encontra-se totalmente habitada (Figura 1.6) e com suas ruas pavimentadas dificultando a infiltração das águas precipitadas, isto faz com que a maior parte dessas águas escoe para o Centro, causando inundações.

²⁷ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.554.

²⁸ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.554.

Figura 1.6 - Morro Caratinga (10/11/2015).



Fonte: Acervo do autor.

Para a delimitação de uma área pode-se usar alguns instrumentos de medida, como trenas, metros, estação total, etc., porém alguns possuem uma precisão maior e maior facilidade de obtenção de dados como a estação total por exemplo.

Outras etapas essenciais para a configuração do plano, segundo Azevedo Netto são:

7. Execução de levantamento topográfico (quando inexistente), devendo constar basicamente de:
 - a) Levantamento planialtimétrico de todas as vias existentes na área de projeto, com desenhos em escala 1:2 000 ou 1: 1000 se a área for muito pequena;
 - b) Nivelamento de todos os pontos de cruzamento e de mudança de greide e direção dos logradouros existentes na área, assim como de todos os pontos notáveis; por exemplo, cotas do fundo dos cursos de água existentes, pontes, viadutos, etc.;
 - c) Levantamento cadastral de instalações subterrâneas que eventualmente possam interferir com a implantação das obras a serem projetadas.

8. Análise e compilação dos dados e elementos coletados.²⁹

O levantamento topográfico é parte fundamental do projeto, pois, a partir dele é que serão obtidas as áreas de drenagem, o traçado da rede, locação das galerias e itens complementares (bocas de lobo, sarjetas, poços de visita), além de fornecer as declividades. Através do uso Softwares é possível obter as curvas de nível de um determinado local, facilitando a interpretação de dados e se precisar pode-se obter até a visualização em três dimensões do local. Apesar de todas essas ferramentas o levantamento da rede foi executado manualmente, pois há uma grande dificuldade na obtenção de dados referentes às galerias devido as suas profundidades.

Conforme abordado por Azevedo Netto, deve-se elaborar:

10. Demarcação da bacia e das sub-bacias de drenagem, indicando, mediante setas, os sentidos de escoamento das águas pluviais nas vias contidas na área.
11. Fixação de critérios e parâmetros a serem obedecidos na concepção geral das obras a serem projetadas. Deverão ser assim fixados:
 - a) Chuva crítica a ser considerada;
 - b) Critérios para determinação da intensidade média de precipitação;
 - c) Índice de impermeabilização da bacia;
 - d) Critérios para avaliação do coeficiente de escoamento superficial;
 - e) Método a ser utilizado na avaliação das vazões de dimensionamento;
 - f) Fórmulas e processos a serem utilizados no dimensionamento do sistema;
 - g) Cursos de água receptores do efluente do sistema coletor.³⁰

Um passo importante é marcar no projeto o sentido do escoamento pluvial, essa demarcação é feita com o uso de setas, assim pode-se ver o trajeto das águas e verificar o posicionamento das bocas de lobo e galerias. Com base em algumas bibliografias é possível obter a maior parte dos critérios citados, o que difere são os dados referentes às precipitações que serão obtidos por outros métodos. Concluído todo esse processo é hora de sincronizar sucintamente todas as informações coletadas para que seja feita a verificação do sistema.

²⁹ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.554.

³⁰ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.555.

1.4.2 Anteprojeto

Esta etapa consiste em uma abordagem definitiva do plano proposto, aqui se exemplifica alguns métodos de construção de um novo traçado, ou seja, uma solução caso seja constatado algum problema grave com o sistema. O anteprojeto é mais voltado para representações em desenhos que definem o projeto com maior clareza e personalidade, pois, devem constar nesta fase itens necessários para a aprovação do cliente ou autoridade competente.

Azevedo Netto relata que:

Deve-se fazer uma avaliação das vazões encontradas, comparando-as com vazões obtidas em estudos anteriores do local, para que não ocorram erros no dimensionamento. É importante verificar qual o melhor traçado para o projeto.³¹

Deve-se observar qual é o traçado mais econômico e eficaz, tal traçado deverá evitar danos ambientais e perturbações para a população. O local de recepção deve ser estudado para que sejam evitados problemas no lançamento, como erosão do solo e afogamento do tubo, portanto, deve ser previsto obras complementares de dissipação de energia e verificação do sentido do canal de despejo se for o caso.

Conforme abordado por Azevedo Netto:

Alguns fatores devem ser obedecidos na etapa de planejamento como: diâmetro mínimo de 300 mm; recobrimento mínimo de 1 m; altura de lâmina de água na galeria igual a: $0,95 \times D$, sendo D o diâmetro da seção circular; velocidade mínima = 0,75 m/s e velocidade máxima = 5 m/s.³²

Algumas outras obras definem outros parâmetros, isso em função da região ou do ano em que a obra foi publicada, pois os materiais mudam com o tempo alterando esses limites. Após dimensionar as obras complementares

³¹ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.555.

³² AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.555.

necessárias, elabora-se o memorial descritivo, contendo a caracterização da área de estudo, critérios e parâmetros de projeto, avaliação das vazões adotadas, dimensionamento geral e conclusões. Montam-se então os desenhos detalhados nas devidas escalas recomendados pela municipalidade ou contratante.

1.4.3 Projeto executivo

Nessa etapa são efetuados os estudos complementares para permitir a implantação das obras projetadas, ou seja, as informações necessárias para a execução do projeto. Para esta pesquisa esta fase é voltada para as ações que serão tomadas após as verificações do sistema existente na Praça Cesário Alvim.

Azevedo Netto afirma que o projeto executivo deve ser constituído por:

1. Cálculo e projeto estrutural das diversas partes.
2. Elaboração das Especificações dos materiais e serviços.
3. Elaboração das especificações para construção do sistema.
4. Cômputo das quantidades de materiais e serviços necessários à implantação do sistema.
5. Orçamento estimativo das obras a serem empreendidas.³³

Para assimilar as informações recomenda-se seguir algum manual, porém é bem provável que ocorram alterações em algumas etapas durante a elaboração do projeto fazendo com que algumas partes sejam ignoradas e outras adicionadas.

³³ AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998, p.556.

2 SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DA PRAÇA CESÁRIO ALVIM

2.1 DADOS SOBRE A REDE EXISTENTE

Através de visitas realizadas no local, foram levantadas informações da rede de drenagem existente. Analisando-se o interior da Praça Cesário Alvim, foi constatado que o mesmo possui um sistema de drenagem interno composto por tubos de 200 mm de diâmetro e bocas de lobo 40 cm x 40 cm, essa drenagem não funciona, devido à falta de manutenção, como mostrado na Figura 2.1, onde se percebe claramente, o mau funcionamento desse sistema causado pelo entupimento dos tubos.

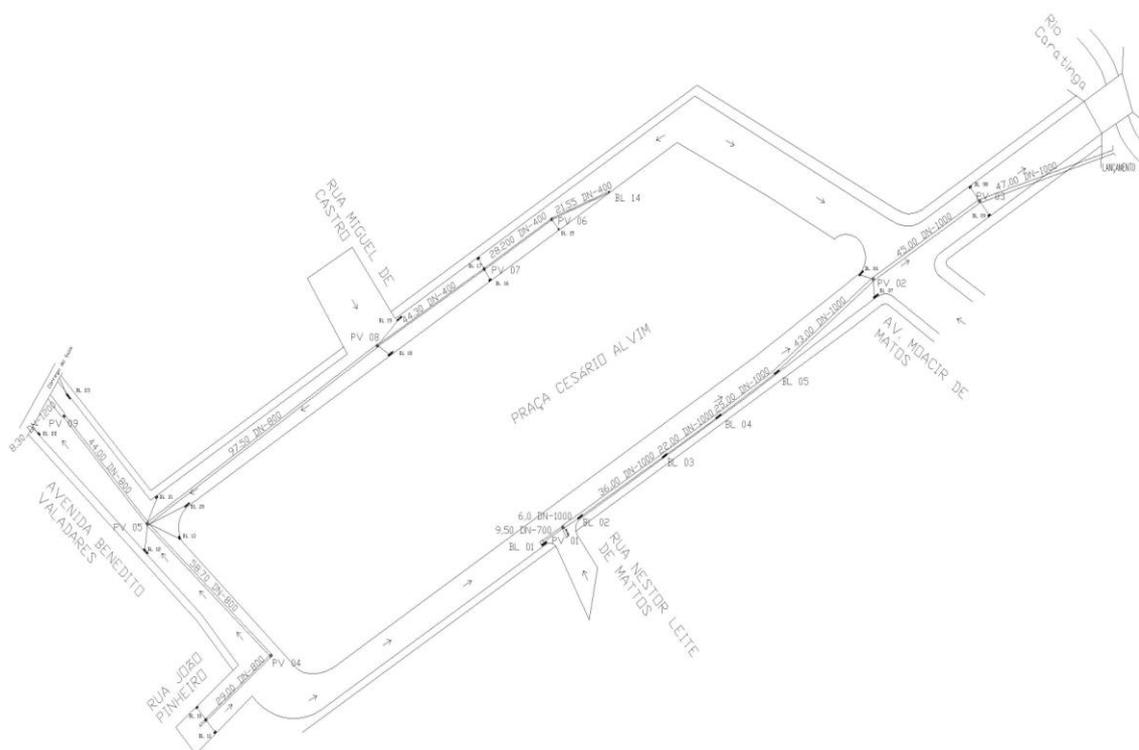
Figura 2.1: Sistema de drenagem interno da Praça Cesário Alvim - Boca de lobo obstruída.



Fonte: Acervo do autor.

O sistema de drenagem encontrado nas ruas que cercam a Praça Cesário Alvim, é formado por uma rede de 800 mm de diâmetro, que vem da Rua Nestor Leite de Mattos e é ligada à rede central através de um poço de visita localizado no cruzamento das vias (Figura 2.2), a partir desse poço de visita, a rede passa a ter diâmetro de 1000 mm e é direcionada ao Rio Caratinga. Outra rede vem da Rua João pinheiro e segue na Avenida Benedito Valadares, sentido Córrego do Salim, esta rede possui diâmetro de 800 mm e está ligada com uma de 400 mm e outra de 800 mm de diâmetro, que começa no cruzamento com a Rua Miguel de Castro, ao lado da praça (para maiores informações sobre as mudanças de direções e diâmetros, consultar o Apêndice A).

Figura 2.2: Sistema de drenagem da Praça Cesário Alvim.



Fonte: Acervo do autor.

2.1.1 Estado de conservação

Um fator que dificultou as análises, sem dúvidas, foi à presença de esgoto na rede pluvial. Devido ao rompimento de algumas tubulações, o esgoto acaba atingindo as galerias da rede pluvial, causando mau cheiro, aumentando o risco de contaminação e facilitando a criação de ratos e insetos no sistema de drenagem. Além disso, devido à falta de manutenção na rede de captação de águas pluviais, ocorre o acúmulo de lixo (Figura 2.3) nas bocas de lobo e galerias, o lixo encontrado no sistema prejudica o funcionamento da rede e propicia a criação de ratos e insetos. A má disposição do lixo residencial também vem sendo um problema, pois o mesmo é arrastado para as bocas de lobo pela enxurrada, resultando no entupimento dessas entradas, o que contribui para que ocorram alagamentos em alguns pontos da cidade.

Figura 2.3: Lixo depositado em bocas de lobo.



Fonte: Acervo do autor.

A Praça Cesário Alvim possui um pequeno sistema de drenagem interno, mas este não funciona, pois está totalmente entupido por folhas secas de árvores e lixo (Figura 2.1), logo a vazão precipitada resultante da praça, escoam superficialmente para as vias laterais, isso aumenta o fluxo de água na superfície excedendo a capacidade de “engolimento” das bocas de lobo.

2.2 DEMARCAÇÕES DA BACIA CONTRIBUINTE

A presença de uma equipe topográfica no local é muito importante para a delimitação da bacia contribuinte, e até mesmo para identificar o sentido do escoamento em cada rua ou lote. A área influente no sistema em estudo, foi delimitada através de visitas ao local e análise de levantamentos topográficos, como se pode ver na Figura 2.4, a área é menor que 2 km².

Heber Martins de Paula diz o seguinte:

Sob o ponto de vista do plano, há recomendações para se aplicar dois métodos para estimar a vazão de projeto, em função da área drenada: método racional para áreas até 2 Km² e o método do hidrograma unitário para áreas acima de 2 Km².³⁴

Logo será usado o método racional na parte de verificação do projeto. A bacia contribuinte possui todas as ruas pavimentadas e a maior parte dos lotes já possuem construções. Essas informações são essenciais para o cálculo da vazão causada pelo escoamento superficial.

³⁴ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.09. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso em: 13/11/2015.

Figura 2.5: Alagamento da Praça Cesário Alvim (22/10/2015).



Fonte: Acervo do autor.

Os dados obtidos da tabela 2 mostram os valores referentes a essa precipitação. No período do dia 22 de Outubro de 2015, a partir das 22h00min até as 0h00min do dia 23 de Outubro de 2015, tem-se um total de 48.80 mm de chuva acumulado, o que resultou no alagamento da praça impossibilitando trânsito no local. Esses alagamentos muitas vezes danificam as casas e os produtos dos moradores e comerciantes locais.

Tabela 2: Dados Meteorológicos de Caratinga (Referentes ao dia 22/10/2015).

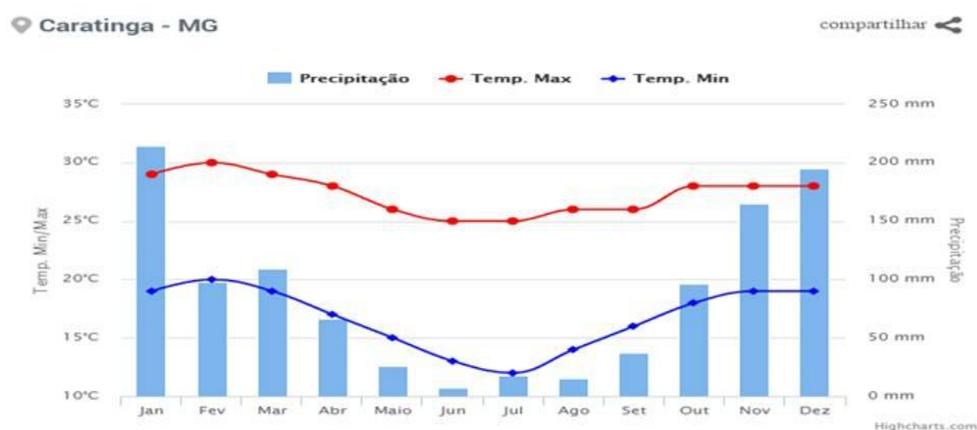
Data - /10/15	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Chuva (mm)
		Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	
22	15	36.9	37.3	33.4	31	39	31	942.6	943.5	942.6	2.8	329°	7.7	0.0
22	16	37.1	37.5	35.4	30	33	30	941.5	942.6	941.4	2.8	15°	6.7	0.0
22	17	37.5	38.2	36.4	27	30	26	940.3	941.5	940.3	2.2	41°	7.6	0.0
22	18	37.6	38.0	36.3	26	30	26	939.2	940.3	939.2	4.4	344°	8.4	0.0
22	19	37.1	38.0	36.9	27	27	24	939.2	939.3	939.0	3.2	335°	7.7	0.0
22	20	35.7	37.2	35.5	30	30	27	939.6	939.6	939.0	2.1	22°	6.7	0.0
22	21	34.5	35.7	34.5	32	32	30	940.8	940.9	939.6	1.1	360°	4.2	0.0
22	22	33.9	34.5	33.1	38	38	32	941.8	941.8	940.8	3.1	119°	5.8	0.0
22	23	22.3	34.0	22.3	93	93	37	945.9	945.9	941.8	9.5	186°	17.7	12.0
23	0	22.0	22.3	21.6	97	97	93	948.4	948.5	945.8	1.5	117°	17.7	36.8

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 13/11/2015.³⁵

A Figura 2.6 exibe a precipitação média mensal para a região. Fazendo um comparativo da Tabela 2 com a Figura 2.6, percebe-se que choveu em apenas um dia o equivalente a 50 % da previsão média para o mês de outubro. Ao analisar as médias mensais de precipitações para a região, nota-se que para os meses de Janeiro, Novembro e Dezembro as chuvas são mais intensas, ou seja, nesse período as inundações são maiores e podem ocorrer com maior frequência.

³⁵ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 13/11/2015

Figura 2.6: Alagamento da Praça Cesário Alvim (22/10/2015).



Os dados apresentados representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. As médias climatológicas são valores calculados a partir de um série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias de uma região.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	19°	29°	214
Fevereiro	20°	30°	98
Março	19°	29°	109
Abril	17°	28°	66
Maio	15°	26°	26
Junho	13°	25°	7
Julho	12°	25°	18
Agosto	14°	26°	15
Setembro	16°	26°	37
Outubro	18°	28°	96
Novembro	19°	28°	165
Dezembro	19°	28°	195

Fonte: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/122/caratinga-mg>. Acesso em 12/10/2015³⁶

2.4 CÁLCULOS DE VERIFICAÇÃO DA DRENAGEM

Para verificar a capacidade das galerias, será preenchida a planilha mostrada na Tabela 3.

Heber Martins de Paula fala que a planilha: “Trata-se de um roteiro que utiliza um método recém-desenvolvido que não mais adota tabelas de referência e

³⁶ CLIMATEMPO. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/climatologia/122/caratinga-mg>>. Acesso em 12/10/2015.

sim equações para o cálculo da velocidade “V” e da relação da altura da lâmina d’água-diâmetro “h/D”³⁷.

Tabela 3: Modelo de planilha para cálculo de galerias de águas pluviais.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	QLoc (m ³ /s)	QTot (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: 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: 13/11/2015³⁸

Os itens em destaque na planilha devem ser preenchidos inicialmente usando o projeto (Apêndice B) para extrair as informações. Na primeira coluna, colocam-se os trechos.

De acordo com Heber Martins de Paula, um trecho: “corresponde à denominação dada à tubulação existente entre dois poços de visita. O primeiro número corresponde ao elemento de montante e o segundo corresponde ao elemento de jusante.”³⁹ A rede de drenagem em estudo possui ligações diretas de bocas de lobo às galerias, sem o uso de poços de visita, neste caso considerou-se

³⁷ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.26 Disponível em:<<http://pt.slide share.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso em: 13/11/2015

³⁸ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.26 Disponível em:<<http://pt.slide share.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso em: 13/11/2015

³⁹ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.14. Disponível em:<<http://pt.slide share.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urban a>>. Acesso em: 13/11/2015.

como um trecho (ver Apêndice B) esse intervalo, para uma análise mais detalhada das galerias.

Heber Martins de Paula informa que:

A extensão da galeria refere-se à distância entre dois poços de visita. Há necessidade de se considerar dois tipos de área para dimensionar as galerias. Uma refere-se à área contribuinte local a cada poço de visita local. Já a outra, denominada área total, corresponde à soma da área local com toda a área drenada à montante.⁴⁰

As extensões e as áreas são facilmente retiradas do projeto, assim como o diâmetro das galerias e as cotas dos poços de visita. A coluna “cota do PV no terreno” representa as cotas dos topos dos poços de visita, e devem constar na planilha as cotas à montante e à jusante, que estão detalhadas no projeto em anexo (Apêndice B), já a cota inferior da galeria diz respeito à cota da geratriz inferior, ou seja, a cota do fundo do poço de visita. A profundidade da galeria é a altura do PV ou a distância entre a cota do terreno até a cota inferior da galeria. Esses dados serão retirados do projeto do Apêndice B, os demais serão calculados através de fórmulas ou retirados de estudos anteriores, como é o caso do “C” que é o coeficiente de escoamento superficial ou de “runoff”, que será retirado da Tabela 4.

Tabela 4: Valores usuais de coeficiente de runoff C.

Natureza da bacia	Coef. de deflúvio ou de runoff C
Telhados	0,7 a 0,95
Superfícies asfaltadas	0,85 a 0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedas	0,75 a 0,85
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas não pavimentadas	0,15 a 0,30
Terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, campinas	0,05 a 0,20

Fonte: MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.⁴¹

⁴⁰ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.15. Disponível em: <<http://pt.slide share.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urban a>>. Acesso em: 13/11/2015.

⁴¹ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.p. 302.

Como a bacia é constituída em sua maior parte por casas e vias asfaltadas, logo $C = 0,85$. Como mostra a associação brasileira dos fabricantes de tubos de concreto: “Normalmente, os valores de i (intensidade de precipitação) estão em torno de $0,025$ a $0,040$ l/s/m²”.⁴² Esse intervalo corresponde a 90 mm/h $< i < 144$ mm/h. Para esta verificação será adotado $i = 60$ mm/h.

A vazão local (Q_{Loc}), assim como a vazão total (Q_{Tot}) é obtida pela equação 1:

$$Q = C.i.A \quad (1)$$

Onde:

Q - vazão (m³/s)

C - coeficiente de runoff

I - intensidade pluviométrica (m/s)

A - área (m²)

Para calcular a vazão local usa-se a área do trecho e para calcular a vazão total se usa a área total. As unidades deverão estar de acordo com a Tabela 4.

A vazão no tubo (Q_{Tubo}), representa a vazão que o tubo é capaz de conduzir, ou seja, serve para comparar com a vazão solicitante (Q_{Tot}), assim é possível saber se a vazão excedeu a capacidade do trecho. Para Calcular essa vazão utiliza-se a equação 2:

$$Q_{Tubo} = 70 \cdot ((\pi D^2) / 4) \cdot (D/4)^{2/3} \cdot \sqrt{I} \quad (2)$$

Onde:

D - diâmetro do tubo (m)

I - declividade da tubulação (m/m)

⁴² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Avaliação Comparativa de desempenho entre Tubos Rígidos e Flexíveis para Utilização em Obras de Drenagem de Águas Pluviais**. Disponível em: <http://www.abtc.com.br/site/download/avaliacao_obras_drenagem.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2015.p.7.

Segundo Heber Martins de Paula: “A declividade do terreno no trecho (St) representa a razão entre a subtração das cotas de montante e jusante e a extensão do trecho”.⁴³ É obtida através da equação 3:

$$St = (cm - cj)/L \quad (3)$$

Onde:

St - declividade do terreno no trecho (m/m)

cm - cota do PV no terreno a montante (m)

cj - cota do PV no terreno a jusante (m)

L - extensão do trecho (m)

Pode-se obter a declividade da galeria (Sg) pela equação 4:

$$Sg = (cim - cij)/L \quad (4)$$

Onde:

Sg - declividade da galeria (m/m)

cim - cota inferior da galeria a montante (m)

cij - cota inferior da galeria a jusante (m)

L - extensão do trecho (m)

Constante k

Heber Martins de Paula informa que: “a constante k pode ser calculada em função da vazão, coeficiente de Manning, diâmetro e declividade”⁴⁴. A constante k é calculada de acordo com a equação 5:

$$K = Q_{Tot}.n.D^{-8/3}.Sg^{-1/2} \quad (5)$$

Onde:

⁴³ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.20. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urban>>. Acesso em: 13/11/2015.

⁴⁴ PAULA, Heber Martins de. DRENAGEM URBANA. (anotações de aula). Departamento de Engenharia Civil, Hidrologia: Universidade Federal de Goiás. p.20. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urban>>. Acesso em: 13/11/2015.

K - constante

Q - vazão (m³/s)

n - coeficiente de Manning (m^{-1/3}.s)

D - diâmetro (m)

Sg - declividade (m/m)

Calculada a constante, calcula-se o ângulo central da superfície livre pela equação 6:

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

Onde:

θ - ângulo central (rad)

k - constante

Utiliza-se da equação 7, para cálculo da relação altura-diâmetro (h/D):

$$h/D = 1/2.[1 - \cos(\theta/2)] \quad (7)$$

onde:

θ - ângulo central (°)

Com o resultado da equação 8, determina-se a área molhada:

$$A = D^2.(\theta - \text{sen } \theta) / 8 \quad (8)$$

Tendo em mãos a vazão “Q” no trecho e a área molhada “A”, calcula-se a velocidade do escoamento pela equação 9:

$$V = Q/A \quad (9)$$

Onde:

V - velocidade do escoamento (m/s)

Q - vazão (m³/s)

A - área molhada (m²)

E por último o tempo de percurso, que é a razão entre a extensão e a velocidade do escoamento na galeria. É obtido através da equação 10:

$$t_p = L / (V \cdot 60) \quad (10)$$

2.5 APLICAÇÕES DOS CÁLCULOS PARA VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DAS GALERIAS

Retirando os dados dos levantamentos (Apêndice A e B) da drenagem pluvial da praça, montaram-se as Tabelas 5 e 6. A Tabela 5 é referente à galeria responsável por transportar a vazão vinda do morro Caratinga, e a Tabela 6 trata-se da verificação da rede que vem da Rua João Pinheiro e segue pela Avenida Benedito Valadares.

Tabela 5: Resultados obtidos.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)
		Trecho	Total			
BL 1-PV 1	9,50	194.761,94	194.761,9400	0,85	1,0000	2,7591
PV 1-BL 2	6,00	5.788,33	200.550,2700	0,85	1,0000	0,0820
BL 2-BL 3	36,00	5.473,73	206.024,0000	0,85	1,0000	0,0775
BL 3-BL 4	22,00	26.112,75	232.136,7500	0,85	1,0000	0,3699
BL 4-BL 5	25,00	16.598,64	248.735,3900	0,85	1,0000	0,2351
BL 5- PV2	43,00	16.420,38	265.155,7700	0,85	1,0000	0,2326
PV 2-PV 3	45,00	32.535,22	297.690,9900	0,85	1,0000	0,4609
PV 3- LANÇ.	47,00	80.369,96	378.060,9500	0,85	1,0000	1,1386
Q _{Tot} (m ³ /s)	Q _{tubo} (m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)	
			Mont.	Jus.		
2,7591	0,5865	700	590,715	590,769	-0,0057	
2,8411	1,4362	1000	590,769	590,782	-0,0022	
2,9187	1,4949	1000	590,782	590,566	0,0060	
3,2886	1,4856	1000	590,566	590,402	0,0075	
3,5238	1,4926	1000	590,402	590,294	0,0043	
3,7564	1,4991	1000	590,294	590,150	0,0033	
4,2173	2,3090	1000	590,150	590,284	-0,0030	
5,3559	2,7487	1000	590,284	590,596	-0,0066	
Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	
mont.	jus.		mont.	jus.		
589,115	589,069	0,0048	1,6000	1,7000	1,53964	
588,763	588,737	0,0043	2,0060	2,0450	0,64740	
588,737	588,568	0,0047	2,0450	1,9980	0,63898	
588,568	588,466	0,0046	1,9980	1,9360	0,72446	
588,466	588,349	0,0047	1,9360	1,9450	0,77263	
588,349	588,146	0,0047	1,9450	2,0040	0,82006	
588,146	587,642	0,0112	2,0040	2,6420	0,59774	
587,642	586,896	0,0159	2,6420	3,7000	0,63768	
θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)	
27.816,4769	1.593.766,7280	0,9590	1.703,7146	0,0016	97,7682	
140,5489	8.052,8575	0,3001	17,4770	0,1626	0,6151	
128,8300	7.381,4170	0,5062	16,1068	0,1812	3,3111	
294,6893	16.884,4526	0,9761	36,9088	0,0891	4,1152	
446,9023	25.605,6151	0,9609	55,7735	0,0632	6,5949	
653,5375	37.444,9398	0,0005	81,6814	0,0460	15,5837	
82,5554	4.730,0767	0,9530	10,2236	0,4125	1,8182	
127,0959	7.282,0587	0,1228	15,7632	0,3398	2,3055	

Fonte: Acervo do autor.

Tabela 6: Resultados obtidos.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)
		Trecho	Total			
PV 4-PV 5	58,70	47398,55	47398,55	0,85	1,0000	0,6715
BL 14-PV 6	21,55	10191,09	10191,09	0,85	1,0000	0,1444
PV 6-PV 7	28,20	2523,74	12714,83	0,85	1,0000	0,0358
PV 7-PV 8	44,30	3672,57	16387,40	0,85	1,0000	0,0520
PV 8-PV 5	97,50	5551,34	21938,74	0,85	1,0000	0,0786
PV 5-PV 9	44,00	20334,59	89671,88	0,85	1,0000	0,2881
PV 9-LANÇ.	8,30	-	89671,88	0,85	1,0000	-
Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)	
			Mont.	Jus.		
0,6715	1,5855	800	591,171	589,551	0,0276	
0,1444	0,0876	400	589,858	589,732	0,0058	
0,1801	0,0723	400	589,732	589,771	-0,0014	
0,2322	0,0238	400	589,771	589,764	0,0002	
0,3108	0,7832	800	589,764	589,551	0,0022	
1,2704	0,4834	800	589,551	589,480	0,0016	
1,2704	1,1683	1200	589,480	589,471	0,0011	
Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	
mont.	jus.		mont.	jus.		
589,170	588,151	0,0174	2,00	1,4	0,13861	
589,058	589,012	0,0021	0,80	0,72	0,53963	
589,012	588,971	0,0015	0,72	0,8	0,81578	
588,971	588,964	0,0002	0,80	0,8	3,18930	
588,564	588,151	0,0042	1,20	1,4	0,12987	
588,151	588,080	0,0016	1,40	1,4	0,86008	
587,680	587,671	0,0011	1,80	1,8	0,35586	
θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)	
2,9980	171,7716	0,4641	0,2284	2,9401	0,3328	
41,8427	2.397,4074	0,7401	0,8537	0,1691	2,1238	
632,2267	36.223,9187	0,6870	12,6584	0,0142	33,0292	
1.468.938,0956	84.163.953,2424	0,8634	29.378,7819	0,0000	93.434,7721	
2,9305	167,9039	0,4473	0,2177	1,4278	1,1381	
882,4551	50.560,9538	0,4173	70,5703	0,0180	40,7380	
5,5891	320,2330	0,9702	1,1212	1,1330	0,1221	

Fonte: Acervo do autor.

Analisando as tabelas 5 e 6, percebe-se que a vazão solicitante é maior do que a vazão suportada pelo tubo na maioria dos trechos. Considerando o assunto abordado no item **1.4.2 Anteprojeto**, para padronizar, adotou-se a relação lâmina d'água-diâmetro como $0,20 < h/D < 0,95$ e a velocidade como $0,75 \text{ m/s} < V < 5,00 \text{ m/s}$. Avaliando os parâmetros fixados para a relação lâmina d'água-diâmetro (h/D), nota-se que a maioria dos trechos não atenderam aos valores fixados. Verificando, a velocidade, na Tabela 5 todos os trechos não atenderam as exigências, e na Tabela 6, apenas os trechos: PV 4-PV 5, PV 8-PV5 e o trecho PV 9-LANÇ., atenderam à velocidade mínima, ou seja, a velocidade de autolimpeza, essa velocidade mínima é responsável por manter a tubulação livre do acúmulo de detritos, além de aumentar o tempo de percurso, caso esteja abaixo de $0,75 \text{ m/s}$, tornando o escoamento lento. O tempo de percurso (t_p) conforme Archibald Joseph Macintyre “é o tempo de percurso de uma hipotética partícula de água entre dois poços de visita”.⁴⁵ Se a velocidade do trecho aumentar, o tempo de percurso diminui.

⁴⁵ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.p.312.

3 DIAGNÓSTICOS DAS CONDIÇÕES DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL E MEDIDAS MITIGADORAS

3.1 ANÁLISES DO SISTEMA DE DRENAGEM

3.1.1 Análises das bocas de lobo

Conforme visto no capítulo 2, a vazão é bem maior do que as vazões que os tubos suportam, logo, as bocas de lobo existentes, não têm capacidade de captar toda a vazão de água escoada. As bocas de lobo estão mal distribuídas e encontram-se obstruídas. Foi realizada uma visita no local, para averiguar a situação do sistema. A BI 3 (ver Apêndice A) encontra-se obstruída com pedaços de madeira (Figura 3.1), apesar do sistema possuir bocas de lobo duplas, que permitem uma maior captação, a vazão de saída encontra-se prejudicada, impedindo o rápido escoamento de água pela galeria.

Figura 3.1: Boca de lobo obstruída.



Fonte: Acervo do autor.

Verificando a BI 4 (Apêndice A), constatou-se que, a mesma possui uma abertura pequena (Figura 3.2) em sua ligação à galeria, fornecendo assim uma vazão menor para a galeria. Essas deficiências, agrupadas com a baixa declividade do sistema, tornam o fluxo lento, resultando no alagamento da praça, além do mais, devido à falta de drenagem da praça, todas as águas precipitadas que escoam para essa área, voltam para essas bocas de lobo, sobrecarregando ainda mais o sistema e impedindo o tráfego dos pedestres e veículos.

Figura 3.2: Ligação da boca de lobo à galeria.



Fonte: Acervo do autor.

Outra observação importante é sobre o trecho PV 8 – PV 5 (Apêndice B), onde a extensão é de 97,50 metros e não possui bocas de lobo nesse intermédio. De acordo com a teoria exposta nesta pesquisa, o espaçamento máximo permitido é de 60 metros entre elas. As bocas de lobo são responsáveis por captarem as águas superficiais, que escoam pelas vias e levá-las até as galerias, logo, para que

sejam evitados esses escoamentos é importante distribuí-las uniformemente pelo desenvolvimento da rede e de acordo com a vazão disponível. Um fator agravante, é que o tipo de BI usado é propício ao entupimento pela presença de lixo, e como já foi mostrado anteriormente existe uma grande quantidade de lixo nas vias.

3.1.2 Análises dos poços de visita

Os poços de visita foram abertos para inspeção, alguns estão inacessíveis por causa da cobertura asfáltica e em outros, algumas falhas foram detectadas.

Como mostra Archibald Joseph Macintyre:

Na junção de galerias de dimensões diferentes, as geratrizes superiores deverão ter a mesma cota. Quando um poço de visita serve como elemento para mudança de diâmetro de dois coletores, por haver alteração na declividade, as cotas das geratrizes superiores dos coletores deverão ser as mesmas.⁴⁶

Devido ao fato da diferença de cota das geratrizes superiores (ver Apêndice B- detalhes), pode ocorrer o efeito de remanso ou perda de carga nas galerias. Na Figura 3.3 percebe-se que as geratrizes superiores estão desalinhadas, ou seja, em cotas diferentes.

⁴⁶ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.p.305.

Figura 3.3: Poço de visita.



Fonte: Acervo do autor.

Um local que está causando grandes problemas é a região próxima ao PV 1 (Apêndice A), a água que esco do morro Caratinga (maior área da bacia) para a Praça Cesário Alvim, em sua maior parte desce pela Rua Nestor Leite de Mattos, devido a alta inclinação da rua e sua grande vazão, a água esco em altíssima velocidade, e o sistema não consegue captar essa vazão. Essa água se acumula na praça e devido aos outros problemas relatados anteriormente, acabam causando os alagamentos.

Além disso, a ligação da galeria da rede que desce da Rua Nestor Leite, é feita a 90° com a rede principal, essa ligação é realizada no PV 1 (Apêndice A). A água transportada pela galeria dessa rua, chega com uma velocidade muito alta e se choca com a parede do PV 1, causando uma perda de carga dessa água e da água que vem da BL 1 (Apêndice A), enchendo rapidamente o PV, essa água acaba levantando a tampa do PV e escoando pela superfície da via.

3.1.3 Análises gerais das galerias

Por causa da baixa declividade da área central e os diâmetros dos tubos do sistema, as velocidades de escoamento dentro das galerias ficaram baixas, isso aumenta o tempo de percurso e pode até permitir o acúmulo de detritos, dentro da tubulação. A maioria dos trechos deveria ter diâmetros maiores, porém, devido ao fato da baixa declividade da praça, dificulta a troca dessas tubulações. O local de despejo (Figura 3.4) da rede, no Rio Caratinga é um pouco debilitado, pois a geratriz inferior da galeria encontra-se quase que no mesmo nível que a superfície da água do rio em períodos de estiagem. Assim, o aumento da vazão do rio (cheia) causa o afogamento da galeria.

Figura 3.4: Ponto de despejo.



Fonte: Acervo do autor.

3.2 ESTIMATIVAS DAS CORREÇÕES A SEREM FEITAS

Como os resultados expostos foram negativos, existem formas de combater o problema encontrado. Mantendo-se os mesmos valores de Sg (declividade do tubo), elaborou-se uma nova planilha contendo os diâmetros necessários para conduzir a vazão de projeto (Tabela 7 e Tabela 8).

Tabela 7: Correções dos diâmetros.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)
		Trecho	Total			
BL 1-PV 1	9,50	194.761,94	194.761,9400	0,85	1,0000	2,7591
PV 1-BL 2	6,00	5.788,33	200.550,2700	0,85	1,0000	0,0820
BL 2-BL 3	36,00	5.473,73	206.024,0000	0,85	1,0000	0,0775
BL 3-BL 4	22,00	26.112,75	232.136,7500	0,85	1,0000	0,3699
BL 4-BL 5	25,00	16.598,64	248.735,3900	0,85	1,0000	0,2351
BL 5- PV2	43,00	16.420,38	265.155,7700	0,85	1,0000	0,2326
PV 2-PV 3	45,00	32.535,22	297.690,9900	0,85	1,0000	0,4609
PV 3- LANÇ.	47,00	80.369,96	378.060,9500	0,85	1,0000	1,1386
Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)	
			Mont.	Jus.		
2,7591	4,4762	1500	590,715	590,769	-0,0057	
2,8411	4,2345	1500	590,769	590,782	-0,0022	
2,9187	4,4074	1500	590,782	590,566	0,0060	
3,2886	4,3801	1500	590,566	590,402	0,0075	
3,5238	4,4006	1500	590,402	590,294	0,0043	
3,7564	4,4198	1500	590,294	590,150	0,0033	
4,2173	6,8077	1500	590,150	590,284	-0,0030	
5,3559	8,1042	1500	590,284	590,596	-0,0066	
Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	
mont.	jus.		mont.	jus.		
589,115	589,069	0,0048	1,6000	1,7000	0,20173	
588,763	588,737	0,0043	2,0060	2,0450	0,21958	
588,737	588,568	0,0047	2,0450	1,9980	0,21672	
588,568	588,466	0,0046	1,9980	1,9360	0,24572	
588,466	588,349	0,0047	1,9360	1,9450	0,26206	
588,349	588,146	0,0047	1,9450	2,0040	0,27814	
588,146	587,642	0,0112	2,0040	2,6420	0,20274	

Continuação da Tabela 7:

587,642	586,896	0,0159	2,6420	3,7000	0,21628
θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
3,4932	200,1447	0,5874	1,0793	2,5564	0,0619
3,6324	208,1214	0,6215	1,1542	2,4616	0,0406
3,6102	206,8484	0,6161	1,1424	2,5549	0,2348
3,8374	219,8657	0,6705	1,2595	2,6110	0,1404
3,9726	227,6120	0,7018	1,3250	2,6594	0,1567
4,1202	236,0681	0,7350	1,3922	2,6983	0,2656
3,5011	200,5978	0,5894	1,0836	3,8918	0,1927
3,6068	206,6518	0,6152	1,1406	4,6958	0,1668

Fonte: Acervo do autor.

Tabela 8: Correções dos diâmetros.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)
		Trecho	Total			
PV 4-PV 5	58,70	47398,55	47398,55	0,85	1,0000	0,6715
BL 14-PV 6	21,55	10191,09	10191,09	0,85	1,0000	0,1444
PV 6-PV 7	28,20	2523,74	12714,83	0,85	1,0000	0,0358
PV 7-PV 8	44,30	3672,57	16387,40	0,85	1,0000	0,0520
PV 8-PV 5	97,50	5551,34	21938,74	0,85	1,0000	0,0786
PV 5-PV 9	44,00	20334,59	89671,88	0,85	1,0000	0,2881
PV 9-LANÇ.	8,30	-	89671,88	0,85	1,0000	-
Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)	
			Mont.	Jus.		
0,6715	1,5855	800	591,171	589,551	0,0276	
0,1444	0,2582	600	589,858	589,732	0,0058	
0,1801	0,4588	800	589,732	589,771	-0,0014	
0,2322	0,4460	1200	589,771	589,764	0,0002	
0,3108	2,3091	1200	589,764	589,551	0,0022	
1,2704	1,4252	1200	589,551	589,48	0,0016	
1,2704	2,1182	1500	589,48	589,471	0,0011	
Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		K	
mont.	jus.		mont.	jus.		
589,17	588,151	0,0174	2	1,4	0,13861	
589,058	589,012	0,0021	0,8	0,72	0,18303	
589,012	588,971	0,0015	0,72	0,8	0,12848	
588,971	588,964	0,0002	0,8	0,8	0,17036	

Continuação da Tabela 8:

588,564	588,151	0,0042	1,2	1,4	0,04405
588,151	588,08	0,0016	1,4	1,4	0,29172
587,68	587,671	0,0011	1,8	1,8	0,19627
θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
2,9980	171,7716	0,4641	0,2284	2,9401	0,3328
3,3462	191,7211	0,5511	0,1597	0,9039	0,3973
2,9197	167,2860	0,4446	0,2160	0,8340	0,5635
3,2463	185,9975	0,5262	0,6031	0,3849	1,9182
2,1174	121,3193	0,2550	0,2274	1,3670	1,1888
4,2647	244,3520	0,7663	0,9299	1,3661	0,5368
3,4504	197,6925	0,5769	1,0559	1,2031	0,1150

Fonte: Acervo do autor.

Fazendo-se uma nova comparação das tabelas 5 e 6 com as tabelas 7 e 8, nota-se que o diâmetro do trecho BL 1-PV 1, que antes era de 700 mm, passou a ser 1500 mm, ouve assim, um grande aumento em suas dimensões, porém, agora tem-se uma relação lâmina de água-diâmetro ideal e a velocidade dentro dos limites permitidos, houve também uma redução do tempo de percurso da água na tubulação, logo, para a intensidade pluviométrica de projeto, esse diâmetro atende perfeitamente. Os demais trechos da tabela 5 que antes tinham diâmetro de 1000 mm passaram a ter 1500 mm, entretanto, percebe-se que a coluna h/D possui valores próximos do limite pré-estabelecido. Isso pode ser um problema, em dias de chuvas muito fortes que ultrapassem 60 mm/h e que durem mais do que o tempo de concentração, mas mesmo assim é mais viável do que usar um diâmetro de 2000 mm, pois a declividade do terreno não o permite.

Archibald Joseph Macintyre diz que, o tempo de concentração “tc”: “é o tempo que decorre desde o início da chuva, até que toda a bacia passe a contribuir para uma seção de uma determinada galeria”.⁴⁷

O tempo de concentração é calculado pela equação 11:

$$tc = 16.L1 / ((1,05 - 0,2 p).(100 . s)^{0,04}) \quad (11)$$

⁴⁷ MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.p.301.

Onde:

t_c - tempo de concentração em minutos

L_1 - caminho percorrido por uma hipotética gota d'água de chuva expresso em km, ao longo do talvegue, isto é, da linha que une os pontos mais baixos de um vale.

p - porcentagem, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação.

s - declividade média do caminho L_1 , desprezando as pequenas quedas a prumo em meios-fios e outros.

Considerando uma distância média de 700 metros até a BL 1, "p" igual a 0 e uma diferença de nível de 43 metros (dados retirados do Apêndice A). A declividade "s" é obtida pela equação 12:

$$s = dv/dh \quad (12)$$

Onde:

dv - distância vertical (subtração entre cota mais alta do caminho L_1 e a mais baixa)

dh - caminho percorrido (L_1)

Logo:

$$s = 43,00 / 700 = 0,06143 \text{ m/m}$$

Têm-se então o tempo de concentração:

$$t_c = 16 \cdot 0,7 \text{ km} / ((1,05 - 0,2 \cdot 0) \cdot (100 \cdot 0,06143)^{0,04}) = 9,92 \text{ minutos, aproximadamente } 10 \text{ minutos.}$$

Assim, ao se passarem 10 minutos de chuva, toda a bacia estará contribuindo com a vazão. A partir desse instante o sistema trabalhará com a vazão máxima.

As velocidades que antes estavam abaixo de 0,75 m/s em alguns trechos, como exibido na Tabela 5, agora estão dentro dos intervalos corretos, e por consequência o tempo de percurso diminuiu bastante.

Relacionando a Tabela 6 com a Tabela 8, os diâmetros de 400 mm foram substituídos por diâmetros de 600 mm, 800 mm e 1200 mm, nos trechos: BL 14 - PV 6, PV 6 - PV 7 e PV 7 - PV 8 respectivamente. Os trechos: PV 8 - PV 5 e PV 5 - PV 9, possuem diâmetros de 800 mm, o diâmetro necessário nesses intervalos é de 1200 mm. E o trecho final que tem 1200 mm de diâmetro, precisa de galerias de 1500 mm. A relação lâmina d'água diâmetro ficou dentro do limite permitido em todos os trechos da Tabela 8, o único problema encontrado é com a velocidade no trecho do PV 7 ao PV 8, onde ficou abaixo de 0,75 m/s, neste trecho a solução seria alterar a declividade da galeria ou trabalhar com galeria retangular.

Aumentar o diâmetro é sinônimo de preço alto, logo, segue no Apêndice C, uma planilha de custos, caso o sistema fosse substituído, considerando as abordagens feitas nesta pesquisa sobre os novos diâmetros, lembrando que esta planilha é apenas uma estimativa, para obter um valor mais preciso, deve-se elaborar um projeto executivo. Além da planilha, no Apêndice C estão disponibilizados: um esboço do novo projeto, adequado aos diâmetros estudados e o croqui de localização da obra, de acordo com as exigências do município.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com base em toda a literatura revisada, que existem muitos mecanismos e processos que podem contribuir para o mau funcionamento de um sistema de drenagem, existem muitos métodos de resolver esses problemas, inclusive, muitas patologias nos sistemas de drenagem são originadas bem antes do sistema estar concluído, por exemplo, na fase de projeto, a equipe responsável determinará todos os parâmetros cabíveis à obra, logo, deverão ser profissionais devidamente especializados, diferente do que ocorre em muitas obras, onde não são realizados estudos específicos dos locais em questão, para o correto dimensionamento das galerias. Os diâmetros das tubulações influenciam muito no custo global da obra, quando um projeto é confeccionado sem o uso dos conhecimentos teóricos e práticos da engenharia urbana, na melhor das hipóteses o custo será elevado em relação ao seu real valor, considerando o pior, o sistema será ineficaz exigindo reparos e manutenções constantes, ou seja, “o barato que sai caro”.

Para a elaboração de projetos de drenagem é fundamental ter à disposição equipamentos topográficos ou uma equipe preparada para atuar em campo, pois, para a maior credibilidade do projeto é preciso ter dados precisos referentes às declividades e contornos da bacia hidrográfica contribuinte. Pode-se observar que é possível em alguns casos, resolver o problema de um sistema de drenagem, sem ser preciso substituir a rede existente. A manutenção e a limpeza do sistema são fundamentais, para que o mesmo funcione adequadamente, evitando transtornos e danos maiores as pessoas, animais e também para a estética do local, pois os alagamentos espalham lixo e lama pela cidade.

Fica a disposição para pesquisas futuras, darem continuidade a essa, inclusive um tema pertinente, seria o estudo das precipitações da região de Caratinga, porque esses dados podem ser usados para estudos de outros locais da cidade beneficiando a população. A principal solução dada nesta pesquisa foi adotar tubos circulares e redimensionar a rede, outra hipótese seria trabalhar com galerias retangulares, poderia ser viável, devendo ser feita uma nova análise.

Apêndice A

Apêndice B

Apêndice C

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; Poletto, Cristiano. Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana. **Dispositivos**, HOLOS Environment, v. 12, n. 2, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 10844/1989**. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/do/30914255/NBR-12266-NB-1349-Projeto-E-Execucao-de-Valas-Para-Assentamento-de-Tubulacao-de-Agua-Esgoto-Ou-Drenagem-Urbana>>. Acesso em 26 de março de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Avaliação Comparativa de desempenho entre Tubos Rígidos e Flexíveis para Utilização em Obras de Drenagem de Águas Pluviais**. Disponível em: <http://www.abtc.com.br/site/download/avaliacao_obras_drenagem.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2015.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed., São Paulo: Blucher, 1998.

BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, Microdrenagem, in: Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade.

CLIMATEMPO. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/climatologia/122/caratinga-mg>>. Acesso em 12/10/2015.

CONSTRUÇÃO NA SERRA. Disponível em: <<http://www.guiadeconstrucao.com.br/lojas.php?pag=3>>. Acesso em 12/10/2015.

DEFESA CIVIL/ MG. **Números da Enchente de 2003/Caratinga-Mg. Minas Gerais, maio 2007**. Disponível em: <<http://defesacivilctgamg.blogspot.com/2007/01/nmeros-da-enchente-de-2003caratinga-mg.html>>. Acesso em: 26 de março de 2015.

GARCEZ, Lucas Nogueira; Acosta Alvarez, Guillermo. **Hidrologia**. 2. ed., São Paulo: Blucher, 1988.

GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 3. ed., Tradução: Glauco Peres Damas. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

GRUPO TUCANO. Disponível em: <<http://grupotucano.com.br/servicos/detalhes-ambiental/id/4>>. Acesso em 12/10/2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq) “André Luiz Lopes”. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão**. Apresenta um curso de gestores regionais de recursos hídricos, 2002. Disponível em: <<http://http.cefetes.br/cursos/transportes/Zorzal/Drenagem%20Urbana/Apostila%20de%20drenagem%20urbana%20do%20prof%20Silveira.pdf>>. Acesso em 27 de maio de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 13/11/2015.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS Prediais e Industriais**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 1999.

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: 13/11/2015.

PINTO, Nelson L. de Sousa et al. **HIDROLOGIA BÁSICA**. São Paulo: Blucher, 1976.

Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro; Secretaria Municipal de Obras; Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas – Rio – Águas. **INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAAahUKEwj_r28sPHHAhXJF5AKHQYYDxw&url=http%3A%2F%2Fwww.rio.rj.gov.br%2Fdlstatic%2F10112%2F1377338%2FDLFE-215301>

.doc%2FInstrucoesTecnicasProjetosdeDrenagem1.versao.doc&usg=AFQjCNGetirsGEIOAKQICl4htyEXMiXFSQ&cad=rja>. Acesso em 27 de maio de 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais:** gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo, SMDU 2012. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2015.

SAYGLI, Monir Ali. **HISTÓRIA DE CARATINGA.** Caratinga: Ana Pontes Ltda, 1998.

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS: memorial descritivo de procedimentos e especificações técnicas. Disponível em:<http://ufvjm.edu.br/licitacoes/home/doc_view/4290-.html>. Acesso em 04 de junho de 2015.