

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

PABLO CLÉTO RIBEIRO

**CONTRIBUIÇÕES TÉCNICAS AO PLANO DE DRENAGEM URBANA DO
MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG**

Varginha

2020

PABLO CLÉTO RIBEIRO

**CONTRIBUIÇÕES TÉCNICAS AO PLANO DE DRENAGEM URBANA DO
MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha
2020**

PABLO CLÉTO RIBEIRO

**CONTRIBUIÇÕES TÉCNICAS AO PLANO DE DRENAGEM URBANA DO
MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

OBS.:

"Os bosques são belos, sombrios e profundos;
mas tenho promessas a cumprir e milhas a
percorrer antes de dormir."

Robert Frost

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde, força, esperança e muita Fé em todas as situações, a minha mãe Eliane Cléto por todo apoio nessa longa caminhada, “pelo orgulho de ver seu filho se formando”, às minhas irmãs por todo carinho e atenção, a minha namorada Rayane Alves Forzan por entender todas as dificuldades, pelo apoio, conselhos e companheirismo ao longo do curso, aos meus amigos de curso, por todo o companheirismo nesses cinco anos, à todos os professores e profissionais do grupo Unis, em especial a professora orientadora Luana Ferreira Mendes pelo suporte, dedicação e experiências compartilhadas, a todas as pessoas que, de alguma maneira, fizeram parte da minha formação, muito obrigado!

RESUMO

Com o crescimento das cidades e o aumento da população, o desenvolvimento proporcional das infraestruturas urbanas torna-se extremamente necessário. Quando isto não acontece surgem diversos problemas. No município de Boa Esperança um destes problemas é a deficiência da infraestrutura de drenagem de águas pluviais urbanas. Desta forma o presente trabalho aborda uma revisão da literatura, a respeito da drenagem de águas pluviais, e apresenta um diagnóstico do município, por meio de um análise do Plano Municipal de Saneamento Básico, bem como as leis que acerca município. Com estes dados foi possível entender a situação atual da drenagem pluvial do município. Deste modo, propõe-se no presente trabalho um manual técnico de drenagem urbana para o município de Boa Esperança – MG, com o intuito de orientar na elaboração e fiscalização de projetos de drenagem urbana e também foi apresentado um plano de metas, para adequar as condições e necessidades do município.

Palavras-chave: Manual Técnico. Drenagem Urbana. Boa Esperança.

ABSTRACT

With the growth of cities and the increase in population, the proportional development of urban infrastructure becomes extremely necessary. When this does not happen, several problems arise. In the municipality of Boa Esperança one of these problems is the deficiency of the urban rainwater drainage infrastructure. In this way, the present work deals with a literature review, regarding storm water drainage, and presents a diagnosis of the municipality, through an analysis of the Municipal Basic Sanitation plan, as well as the laws concerning the municipality. With these data it was possible to understand the current situation of rain drainage in the municipality. In this way, a technical manual for urban drainage is proposed in the present work for the municipality of Boa Esperança – MG, in order to guide in the preparation and supervision of urban drainage projects and a plan of goals was also presented, to adapt the conditions and needs of the municipality.

Keywords: *Technical Manual. Urban Drainage. Good Hope.*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.....	23
Tabela 2: Período de retorno para diferentes situações.....	23
Tabela 3: Valores do coeficiente de Escoamento Superficial.....	25
Tabela 4: Espaçamento máximo dos poços de visita.....	80
Tabela 5: Valores do coeficiente de rugosidade de Manning.....	82
Tabela 6: Fatores de redução de escoamento das sarjetas.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A implantação urbana no meio ambiente, e o ciclo hidrológico	17
Figura 2: Ciclo Hidrológico da Água	18
Figura 3: Principais componentes de uma bacia hidrográfica	20
Figura 4: Hidrograma típico de uma bacia	24
Figura 5: Poço de infiltração no espaço urbano	37
Figura 6: Pavimento permeável (área de estacionamento)	38
Figura 7: Passeio com faixas gramadas	38
Figura 8: Pavimento permeável (área de estacionamento)	39
Figura 9: Microdrenagem (esquema com componentes do sistema)	40
Figura 10: Elementos da Microdrenagem (esquema do sistema)	40
Figura 11: Microdrenagem (tipos de boca de lobo)	41
Figura 12: Microdrenagem (esquema dos componentes do sistema)	41
Figura 13: Macrodrenagem, Galeria	42
Figura 14: Macrodrenagem, rio artificial	42
Figura 15: Macrodrenagem (tipos de sistemas de macrodrenagem)	43
Figura 16: Metodologia para projetos de drenagem	44
Figura 17: Localização do município de Boa Esperança dentro do estado de Minas Gerais	46
Figura 18: Distribuição espacial da média anual da precipitação (mm; painel superior) e da temperatura do ar (°c; painel inferior) no Estado de Minas Gerais	47
Figura 19: Falta de drenagem na Rua Bias Forte, Bairro Centro, em Boa Esperança, 2020	51
Figura 20: Falta de drenagem na Rua Ilicínea, Bairro Centro, em Boa Esperança, 2020	52
Figura 21: Falta de drenagem na Rua Ilicínea, Bairro Centro, em Boa Esperança, 2020	52
Figura 22: Falta de drenagem na Rua Arapongas, Bairro Jardim Progresso, em Boa Esperança, 2020	52
Figura 23: Falta de drenagem na Rua Gutemberg Moreira Leite, em Boa Esperança, 2020	53
Figura 24: Falta de drenagem causa inundação na Rua Dr. Sales, em Boa Esperança, 2020	53
Figura 25: Inundação por falta de drenagem na Rua Manuel Vilela Centro, em Boa Esperança, 2020	54
Figura 26: Inundação por falta de drenagem na Rua Manuel Vilela Centro, em Boa Esperança, 2020	54
Figura 27: Inundação na Rua Senador Milton Campos Centenário, no município de Boa Esperança, 2020	54
Figura 28: Falta de drenagem na Rua Arapongas, Bairro Jardim Progresso, em Boa Esperança, 2020	55
Figura 29: Aspectos das Estruturas existentes na pavimentação em Boa Esperança, 2020	58
Figura 30: Aspectos das Estruturas existentes na pavimentação em Boa Esperança, 2020	58
Figura 31: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020	58
Figura 32: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020	58
Figura 33: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020	59
Figura 34: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020	59
Figura 35: Determinação da rota de escoamento de água	60
Figura 36: Bacia de Retenção em Boa Esperança, 2020	60
Figura 37: Sistema de Drenagem Antigo	61

Figura 38: Sistema de drenagem de água pluvial, dissipadores de energia em Boa Esperança, 2020	62
Figura 39: Sistema de drenagem de água pluvial, dissipadores de energia em Boa Esperança, 2020	62
Figura 40: Sistema de drenagem de água pluvial, dissipadores de energia em Boa Esperança, 2020	62
Figura 41: Aspectos da Avenida Del Duque Barbosa, onde é localizada o Córrego do Leitão	63
Figura 42: Aspectos do Bairro denominado Lagoa Seca em Boa Esperança, 2020	63
Figura 43: Aspectos do Bairro denominado Lagoa Seca em Boa Esperança, 2020	63
Figura 44: Aspectos do Bairro São Sebastião em Boa Esperança, 2020	64
Figura 45: Aspectos do Bairro São Sebastião em Boa Esperança, 2020	64
Figura 46: Carregamento do solo e insuficiência do sistema existente, 2020	65
Figura 47: Carregamento do solo e insuficiência do sistema existente, 2020	65
Figura 48: Carregamento do solo e insuficiência do sistema existente, 2020	65
Figura 49: Carregamento do solo e insuficiência do sistema existente, 2020	65
Figura 50: Áreas Verdes	67
Figura 51: Áreas Verdes	67
Figura 52: Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Boa Esperança/MG	71
Figura 53: Comprimento ao longo do curso d'água	75
Figura 54: Locação das bocas de lobo	78
Figura 55: Alinhamento do condutos	81
Figura 56: Principais elementos característicos das seções	83
Figura 57: Coeficientes de Manning	84
Figura 58: Locação das caixas de ligação	84
Figura 59: Seção transversal Lamina d'água	86

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	JUSTIFICATIVA	15
4	REFERÊNCIAL TÉORICO	16
4.1	Historia da drenagem urbana	16
4.2	O processo de Urbanização e seus impactos	17
4.3	Ciclo hidrológico urbanização e a drenagem urbana.....	18
4.3.1	Bacia Hidrográfica	19
4.4	Estudos Hidrológicos.....	20
4.4.1	Precipitações Máximas	21
4.4.2	Precipitação Pontual Máxima	21
4.4.3	Chuvas Intensas	22
4.5	Período de Retorno	22
4.6	Coefficiente de Escoamento Superficial	23
4.7	Tempo de concentração	26
4.8	Métodos para determinação das vazões de projeto.....	27
4.9	Método Racional.....	27
4.10	Método do Hidrograma Unitário (I-PAI-WU)	28
4.11	Legislações e a drenagem Urbana	28
4.12	Interfaces entre PDDU, PMSB e o Plano Diretor de Drenagem Urbana	30
4.13	Conjunto de elementos sustentáveis de drenagem urbana.....	32
4.13.1	Medidas não estruturais de controle de inundações urbanas	33
4.13.2	Medidas estruturais de controle de inundações urbanas	35
4.13.2.1	Valos de infiltração.....	36
4.13.2.2	Poços de infiltração	36
4.13.2.3	Vantagens	37
4.13.2.4	Desvantagens	37
4.13.2.5	Sistemas de drenagem	37
4.13.2.6	Microdrenagem	39
4.13.2.7	Macro drenagem	41
4.13.2.8	Recomendações técnicas para projetos de drenagem urbana	43
5	METODOLOGIA	45
5.1	Caracterização geral da área de estudo	45
5.2	Plano Diretor do Município de Boa Esperança	47
5.3	Análise do plano diretor municipal e o manejo de águas pluviais.....	48
5.4	Legislação existente.....	49
6	DIAGNOSTICO	51
6.1	Análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais.....	51
6.2	Ocorrência de Rompimento de tubulações e à proliferação dos vetores	55
6.3	Pontos obstruídos aos cursos d'água de deságue.....	55
6.4	As vias com problemas de microdrenagem	55
6.5	Pontos de inundação	56
6.6	Área alagada	56
6.7	Condições de macrodrenagem	56

6.8	Técnicas e Tecnologias Adotadas pelo Município	57
6.9	Proporção de áreas verdes impermeabilizada.....	66
7	MANUAL TÉCNICO DE DRENAGEM PARA O MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG	68
7.1	Elaboração de projetos de drenagem urbana	68
7.2	Dados Básicos	69
7.3	Documentação dos Projetos.....	69
7.4	Concepção de projetos de drenagem	70
7.5	Estudos Hidrológicos.....	71
7.6	Características Físicas da bacia em estudo	74
7.7	Projeto Hidráulico.....	77
7.8	Definição Geral do Projeto	77
8	PLANO DE METAS.....	87
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – MAPA DO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG	
	ÁREAS DE INUNDAÇÕES	96

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão acelerada de diversas cidades brasileiras e o aumento da impermeabilização crescente nas bacias hidrográficas, tem se mostrado vários problemas relacionados a enchentes e inundações, no qual são ocasionados por eventos naturais e derivados de um cenário de urbanização desorganizado, que se desenvolveram durante anos, gerando impactos que afetam diretamente o meio ambiente, deteriorando a qualidade de vida dos habitantes, devido ao aumento frequente de materiais sólidos nos sistemas de drenagem, prejudicando a qualidade da água. Esses problemas são desencadeados pelo controle, uso e ocupação inadequada do solo.

O uso e ocupação do solo não planejado tende agravar com mais frequência casos de inundações em varias ordens e magnitude, pois a impermeabilização da superfície do solo o torna mais vulnerável a esses impactos naturais, na maior parte é ocorrida por falha ou insuficiência no sistema de drenagem, pode-se dizer que os microssistemas de drenagem urbana tem a função de escoar a água precipitada para a jusante.

Desse modo, a elaboração de diretrizes que auxiliem o desenvolvimento e planejamento urbano dos municípios, é importante para garantir condições adequadas aos habitantes e para o desenvolvimento e crescimento da cidade.

A gestão das águas pluviais urbanas pode trazer vários benefícios para a sociedade e o meio ambiente como: controle de cheias, melhoria da qualidade da água. Atualmente, as enchentes podem ser citadas como um dos principais problemas de recurso hídrico no Brasil (TUCCI, 2005).

O tema deste estudo estabelece mecanismos de gestão e infraestrutura urbana, no qual apresenta um diagnostico do escoamento da água pluvial, com intuito de compreender a situação atual e a realidade física, social e administrativa do município, sua caracterização, apresentando técnicas e sistemas instalados, agregando informações de valor para elaborar medidas que podem solucionar os problemas do município, na execução, desenvolvimento e concepção de novos projetos de drenagem pluvial, onde permiti a criação, regulamentos técnicos e melhorias dos sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais, e são utilizadas como um manual de drenagem e devem ser estipulados pelos órgãos públicos.

Este manual de drenagem facilita na fiscalização das obras, no qual é uma metodologia que vem sendo adotada para pequenos municípios, a fim de minimizar os problemas existentes em curto, médio e longo prazo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar um Manual Técnico de Drenagem Urbana para o Município de Boa Esperança – MG, com intuito de contribuir para a elaboração e aprovação de novos loteamentos, utilizando medidas para contribuir de forma técnica no planejamento, coordenação e fiscalização das atividades a serem implantadas.

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar os sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas;
- Apresentar um estudo exploratório dos elementos que caracterizam o município de Boa Esperança;
- Apresentar um diagnóstico do município, relatando a atual situação;
- Apresentar metodologias de drenagem consoantes às necessidades do município;
- Propor um Manual Técnico de Drenagem Urbana para o Município de Boa Esperança – MG, com intuito de contribuir para a elaboração e aprovação de novos loteamentos.

3 Justificativa

O escoamento superficial das águas pluviais na cidade de Boa Esperança – MG apresenta alterações devido ao processo de urbanização, no qual causa à impermeabilização da superfície, aumentando, desta forma, a vazão nos sistemas de drenagem.

O trajeto percorrido pelas águas pluviais no município ocorre pela superfície das ruas e pelo sistema de microdrenagem da maioria dos bairros, e encerra-se de forma natural no sistema de macrodrenagem constituído pelo lago dos encantos. Em muitos trechos ao longo deste percurso os sistemas não consegue suportar a capacidade total exigida, provocando enchentes em alguns pontos da cidade, antes mesmo de se direcionar toda a água pluvial para o canal final do sistema.

Ao analisar todo esse acontecimento, é de grande importância buscar soluções para os impactos ambientais existentes, proporcionar melhor condição de trânsito em dias chuvosos, controlar enchentes de forma econômica para o sistema público e assegurar o bem estar da população residente do município. Identificar uma solução para os problemas urbanos apontados é primordial para o desenvolvimento da cidade.

4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 Historia da drenagem urbana

Segundo Matos (2003), ao longo dos anos, até a idade moderna, o sistema de drenagem urbana não era considerado de grande importância ao desenvolvimento e planejamento dos núcleos urbanos. Existem registros de várias obras ou intervenções, relacionadas ao sistema de drenagem superficial das vias do conglomerado de Mohenjo-daro, desenvolvida pela civilização Hindu no ano 3.000 a.C., conhecida como cloaca máxima na Roma antiga, construída no século VI a.c., foi considerada a primeira obra de grande dimensão, no qual teve objetivo de reunir e conduzir tanto os esgotos residenciais, como as águas pluviais, visando uma melhor qualidade de vida urbana. A cloaca máxima de Roma é o mais conhecido canal subterrâneo para a condução de esgotamento sanitário (TSUTIYA; BUENO, 2004).

Com base nos conceitos dos autores, os maiores avanços na drenagem urbana são atribuídos à civilização romana. Devido ao planejamento de estradas com condutos que viabilizavam o escoamento superficial das águas pluviais, de maneira a drenar suas estradas (HILL, 1984 apud IMADA, 2014).

Desde as épocas do império Romano até o século XVII, o planejamento da drenagem e saneamento urbano, não sofreram nenhum avanço. Em termos sanitários, pode-se dizer que gerou uma regressão ao longo de pelo menos uma parte da idade média (MATOS, 2003).

No começo a drenagem urbana era desenvolvida como um conjunto de procedimentos que viabilizavam a prática da agricultura. Devido o surgimento das civilizações ao longo dos anos, foram desenvolvidas novas práticas e modelos de drenagem, como, o desvio de água em terrenos destinados a ocupação, coleta, transporte e a regulação da umidade do solo. Com este domínio, foram desenvolvidas as primeiras técnicas de irrigação para o cultivo e a criação de animais, proporcionando a instalação de comunidades, assim promovendo a estruturação das primeiras cidades (FERNANDES, 2002 apud IMADA, 2014).

Com o decorrer dos anos, a era medieval foi compreendida como um período estacionário nos avanços da humanidade, principalmente aos que se referem ao saneamento. Depois desta era, houve uma continuidade na evolução humana, resultando em novas descobertas na área do saneamento, em especial a relação entre áreas alagáveis e veiculação de doenças (MATOS, 2003).

Estes acontecimentos favoreceram a preocupação com o gerenciamento das águas tratadas e pluviais, resultando na ideia de desenvolver técnicas para o transporte das mesmas por meio de tubulações subterrâneas, evitando assim, insalubridade e o desconforto nas residências e vias. A partir desse momento veio sendo planejado políticas publicas na maioria das cidades (MATOS, 2003).

4.2 O processo de Urbanização e seus impactos.

Com o crescimento da população urbana, a ocupação de novos espaços sem o devido planejamento e uma infraestrutura adequada, impede a qualidade de vida sustentável para manter um ambiente habitável, devido aos impactos gerados pelas modificações no meio ambiente. (TUCCI, 2002).

Segundo Silveira (2002), esse processo de urbanização modificou o escoamento natural do terreno, provocando impermeabilização do solo, aumentando o volume escoado superficialmente das águas pluviais, gerando resíduos e modificando o funcionamento e o curso dos rios, provocando alterações no meio ambiente.

Com base nos conceitos dos autores, pode-se dizer que, o crescimento da área urbana sem a infraestrutura adequada, possibilitou impacto, devido à impermeabilização do solo e problemas associados ao escoamento natural das águas, vale ressaltar que as águas pluviais é o fenômeno que mais gera impactos ambientais.

Com a expansão não planejada, e sem o desenvolvimento proporcional da infraestrutura, geraram situações criticas em praticamente todas as cidades brasileiras.

A figura 1 apresenta os efeitos gerados pela urbanização no meio ambiente, em relação ao ciclo hidrológico.

Figura 1: A implantação urbana no meio ambiente, e o ciclo hidrológico.



Fonte: Manual de drenagem urbana-Região Metropolitana de Curitiba – PR, adaptado pelo autor (2020).

De acordo com Braga (2005), os problemas associados à drenagem urbana no país, se desenvolveram com a expansão da população, o baixo nível de compreensão dos habitantes em relação aos problemas, a falta de planejamento e desenvolvimento de planos diretores e planos de longo prazo, a falta e utilização dos sistemas de controle e medidas estruturais.

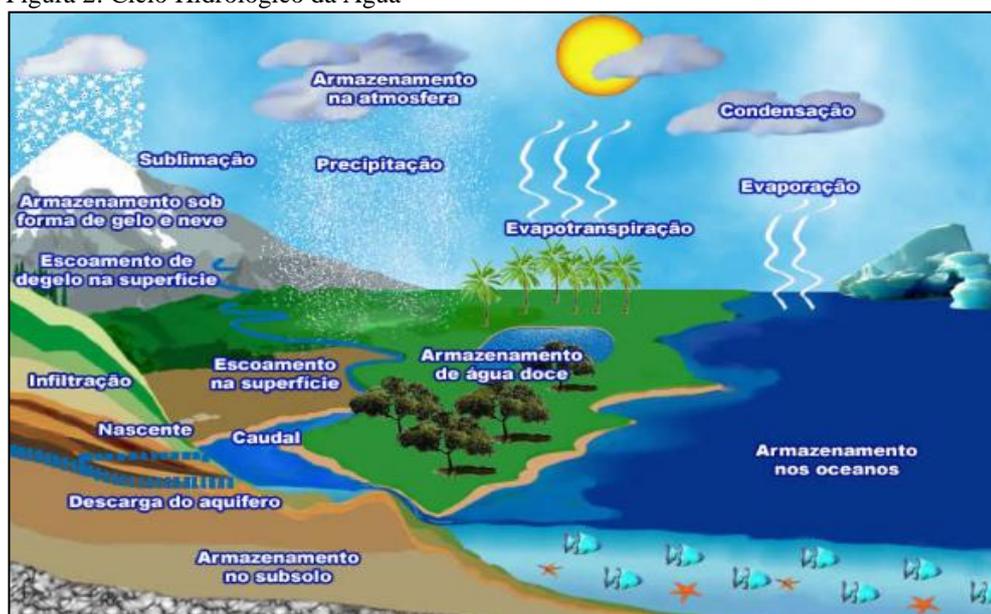
4.3 Ciclo hidrológico urbanização e a drenagem urbana

Um dos principais componentes de uma cidade é o ciclo hidrológico, que passou a requerer um novo conhecimento do saneamento básico, seja no abastecimento de água potável, tratamento, coleta e disposição dos esgotos e dos resíduos sólidos, engloba também o manejo e a drenagem de águas pluviais no meio urbano.

Segundo Silveira (2002), este ciclo hidrológico pode ser dividido em cinco processos básicos: precipitação, transpiração, evaporação, escoamento superficial e subterrâneo. A partir desses conceitos, pode-se dizer que o ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação de massas de água que podem se encontradas no estado líquido, sólido e gasoso.

Ainda conforme Silveira (2002), ciclo hidrológico é um fenômeno natural que não apresenta um começo nem fim, tendo um início do ciclo realizado a partir da evaporação dos oceanos. A figura 2 apresenta o ciclo hidrológico.

Figura 2: Ciclo Hidrológico da Água



Fonte: waterdropess (2016).

Este fenômeno ocorre da seguinte maneira: a precipitação cai sobre o solo, com cobertura vegetal, parte do volume precipitado é absorvida pelos caules e folhas, de onde, pela ação do vento, a outra parte atinge o solo. A evaporação depende dos fatores climáticos, e a característica da superfície e a disponibilidade de água no solo para evaporar.

A chuva sofre evaporação desde sua queda, pois este efeito acontece com uma parcela de água interceptada, assim grande parte da evaporação advém, entretanto, da água presente dentro do solo e sobre ele. Alguns fatores climáticos, como a radiação solar, a temperatura do ar, o período de insolação, a umidade relativa, o perfil de velocidade do vento e a pressão atmosférica, todos estes fatores influenciam a evaporação.

Em relação à transpiração, que é formada pelo conjunto que compõe a evapotranspiração, também depende dos mesmos fatores climáticos da evaporação. Com a infiltração da água promove a recarga da umidade no solo, permitindo que parte da precipitação atinja a superfície, penetrando na zona não saturada do solo.

A percolação ocorre na zona não saturada, quando sua umidade é excluída das parcelas absorvidas pelos vegetais e evaporadas pela superfície do solo, se deslocando no interior do meio poroso. Devido à sobrecarga do solo, ocorre o escoamento superficial, onde o excesso das águas não infiltradas da precipitação surge sobre o solo pela ação da gravidade, sendo direcionadas para as cotas mais baixas, vencendo principalmente o atrito na superfície do solo.

4.3.1 Bacia Hidrográfica

Com base nos conceitos de Tucci (2006), a bacia hidrográfica contribui para os cursos de água, pois parte da área ou todo escoamento precipitado, alimenta os cursos de água e seus efluentes. Segundo Cardoso (2006) a bacia de contribuição ou bacia hidrográfica é uma seção de um curso d'água onde a área geográfica é receptora de água de chuva, no qual escoar pela superfície do solo até chegar a uma seção considerada. A Figura x apresenta uma bacia hidrográfica.

Conforme a Lei Federal nº 9433, de 1997, conhecida como Lei das Águas do Brasil, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresenta a bacia hidrográfica com a unidade territorial de implementação da PNRH (BRASIL, 1997)

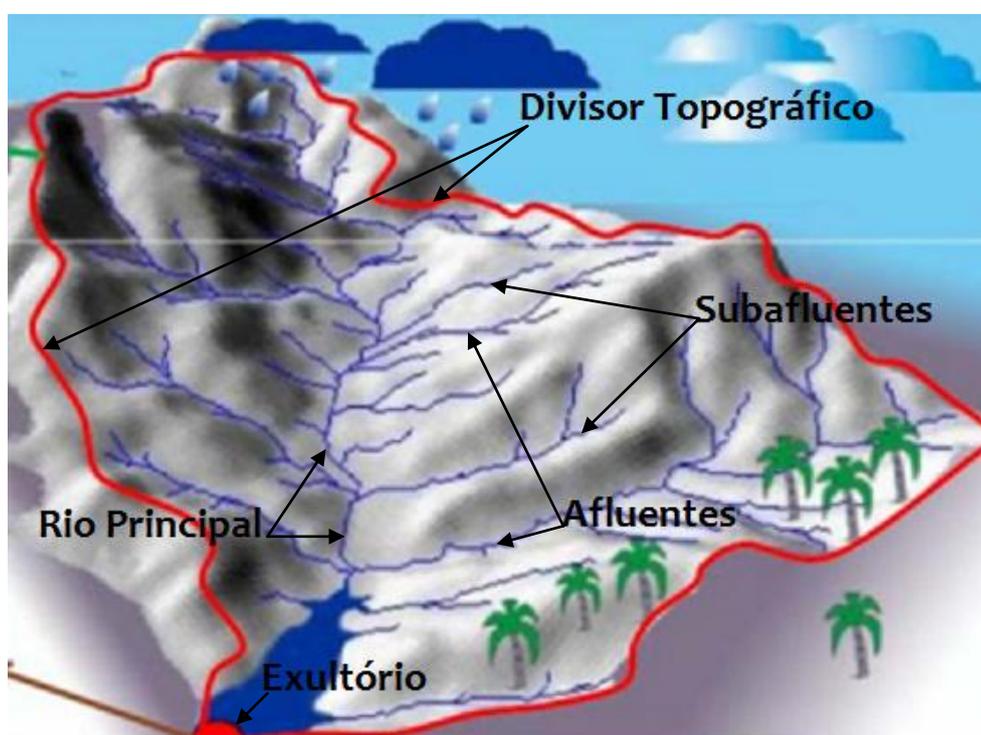
Uma bacia de drenagem é definida como uma extensão de terra no qual a água superficial escoar para um único local, localizada no nível mais baixo do terreno, denominado

como exutório e limitado por uma barreira geográfica, como montanhas, no qual sua principal função é dividir as águas (TUCCI, 2003).

A bacia hidrográfica tem a função de realizar os balanços de entrada da chuva e saída de água através do exutório, permitindo uma interconexão dos sistemas hídricos, delineada bacias e sub-bacias, desempenhando um papel importante no desenvolvimento sustentável e gestão hídrica.

A figura 3 apresenta os componentes de uma bacia hidrográfica.

Figura 3: Principais componentes de uma bacia hidrográfica



Fonte: Slide player 2014.

4.4 Estudos Hidrológicos

Com base nos conceitos de Tucci (2001), é importante destacar:

- **Período de retorno** é baseado em dados históricos, com probabilidade de precipitação a se repetir ou ser superada, pelo menos uma vez em um determinado tempo. Este período deve ser adotado de acordo com o tipo de construção e necessidade de segurança, existem disponíveis em literaturas da área de dimensionamento de obras hidráulicas, valores de referencia tabelados para cada situação.

- **Tempo de concentração** é o tempo em que uma determinada chuva leva para escoar de um ponto extremo de uma bacia até o seu ponto final de exutório.

- **Intensidade pluviométrica** é calculada a partir do período de retorno e do tempo de uma determinada chuva, o coeficiente utilizado depende das características de cada região.

- **Hidrograma** é a relação da vazão na bacia hidrográfica com a precipitação, sendo que parte desta é infiltrada no solo, e parte desta é evaporada, sendo assim o restante é conduzido até os corpos hídricos presentes ao longo da bacia, através do escoamento superficial.

Portanto, a impermeabilização do solo é um fator determinante para forma do hidrograma, pois esta pode alterar muito a quantidade de água infiltrada e o escoamento superficial.

4.4.1 Precipitações Máximas

A precipitação máxima ou chuvas intensas são definidas como chuvas com intensidade que ultrapassam um determinado valor mínimo. O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para entender a vazão de enchente de uma bacia (TUCCI, 1995).

Para a execução de obras de drenagem urbana envolve custos associados a riscos, portanto seu dimensionamento deve proporcionar segurança efetiva á população e a aplicação de seus recursos públicos. Para determinar a chuva de projeto e seu período de retorno, definirá o risco da obra (TUCCI, 1995).

4.4.2 Precipitação Pontual Máxima

Com base nos conceitos de Tucci, 1995 a precipitação pontual máxima é caracterizada por sua relação com a intensidade, frequência e duração, onde, essas relações são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas no local de estudo.

Com a coleta dos dados de precipitação, pode-se observar que quando maior sua duração de chuva, menor será sua intensidade, e também que os maiores valores de intensidade são menos frequentes. Em relação às chuvas intensas podem ser determinada com período de retorno e frequência, onde podem ser expressas por equações genéricas como (FIORIO, 2016):

$$i = \frac{k \times T^a}{(t + b)^c} - \text{Equação 01}$$

Onde:

i = intensidade (mm/h)

T = período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (min);

k , a , b e c = parâmetros que devem ser determinados para cada local.

4.4.3 Chuvas Intensas

As chuvas intensas são determinadas pela equação Back (2002), e são determinadas pelas equações 02 e 03:

$$i = \frac{641,7 \times Tr^{0,2290}}{(t + 8,88)^{0,6859}} = t \leq 120 \text{ min} - \text{Equação 02}$$

$$i = \frac{1201,9 \times Tr^{0,2270}}{(t + 23,3)^{0,8025}} = 120 \leq t \leq 1440 \text{ min} - \text{Equação 03}$$

Onde:

i = intensidade (mm/h)

Tr = período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (min);

4.5 Período de Retorno

O período de retorno segundo Imada (2014), é o número médio de anos corridos entre a ocorrência de dois eventos. Para a elaboração de projetos de drenagem este período de retorno é determinado para chuvas intensas, podendo variar dados absolutos ou estimativas de eventos. Para os projetos de macrodrenagem o período de retorno varia de 25 a 100 anos, podendo ser definidos com relação à área de estudo. Em sistemas de microdrenagem o período de retorno varia de 2 a 10 anos. Com base nas tabelas 1 e 2 abaixo de um determinado estudo de Tucci (2008), a definição do período de retorno apresentados pelo DNIT (2005), para obra de drenagem de estradas.

Tabela 1 – Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.

Tipo de obra	Tipo de ocupação	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e arteriais de Tráfego	5 a 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
	Área de importância específica	500

Fonte: Tucci (2008).

Tabela 2 – Período de retorno para diferentes situações.

Obras	TR adotado	Funcionamento
Drenagem profunda ou superficial	10 anos	-
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e celulares	15 anos	Canal
Verificação de bueiros tubulares e celulares	25 anos	Orifício
Pontes	50 a 100 anos	Canal

Fonte: DNIT (2005).

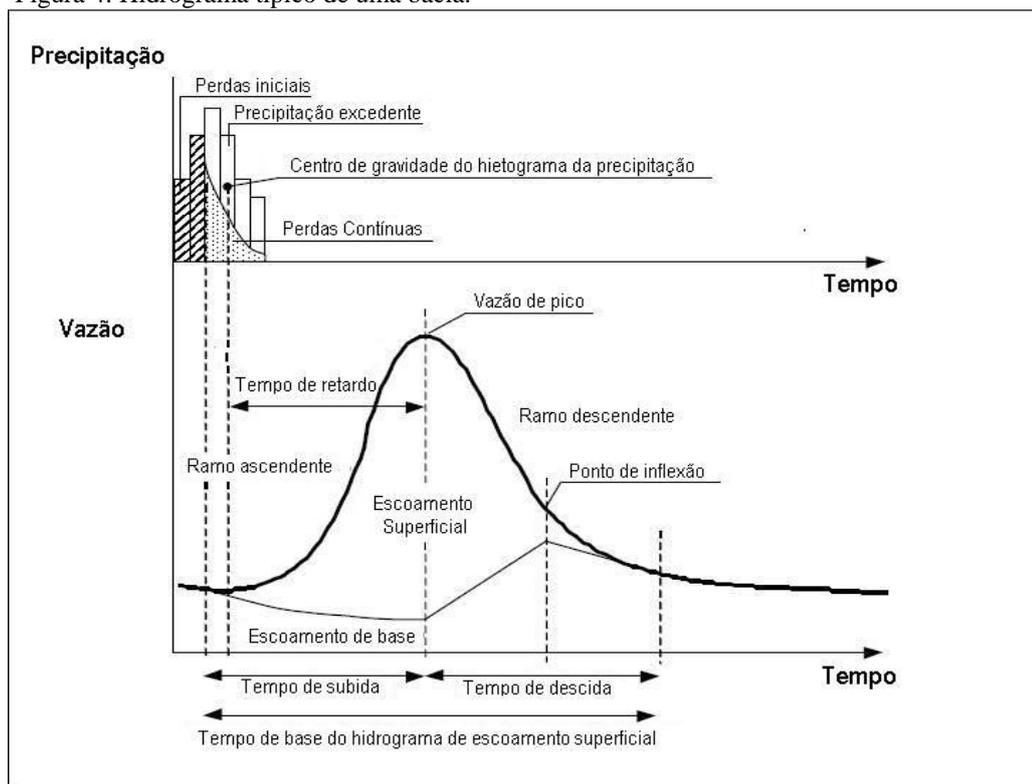
4.6 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial é considerado em vários fatores físicos da bacia hidrográfica, pois depende do tipo de solo, sua ocupação, e também depende do grau de impermeabilização de cada região. Com base nos conceitos de Porto (1995), este coeficiente foi convencionado de acordo com o tipo de utilização do solo.

A vazão de uma seção transversal de um rio após a ocorrência de precipitação não provem inteiramente de uma precipitação que atingiu a bacia hidrográfica, pois já existe um escoamento no curso d'água que se mantém após o término da precipitação (PORTELA, 2006).

Segundo Tucci (2004), a distribuição da precipitação é apresentada por um hidrograma típico de uma bacia, onde, a um nível que começa a se elevar após um determinado tempo de início de precipitação. No qual ocorre devido às perdas iniciais por interceptação vegetal, armazenamento em depressões do solo, infiltração e também pelo tempo de deslocamento de água. Na figura 4 abaixo apresenta o hidrograma, onde pode ser observado a caracterização do sistema:

Figura 4: Hidrograma típico de uma bacia.



Fonte: Portela (2006).

Segundo Tucci (2004), existe vários fatores que influenciam a forma de um hidrograma como:

- O solo;
- A cobertura da bacia;
- Modificações artificiais no rio;
- O relevo;
- Forma da bacia;
- A distribuição, duração e intensidade da precipitação.

Na tabela 3 a seguir apresenta valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes utilizações do solo (TOMAZ, 2002).

Tabela 3 – Valores do coeficiente de Escoamento Superficial.

Zonas	Valor de C
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
Edificação com poucas superfícies livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma habitação: partes de arrabaldes e suburbanos com pequena densidade de construção.	0,10 a 0,25
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Tomaz (2002).

Quando a bacia apresenta uma ocupação do solo muito variada, deve ser usada a média ponderada dos diferentes valores de coeficiente de escoamento em relação às suas respectivas áreas, apresentada na equação 04:

$$C = \sum \frac{C_i \times A_i}{A} - \text{Equação 04}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial;

A = área total da bacia (Km²);

C_i = coeficiente de escoamento superficial correspondente á ocupação i;

A_i = área da bacia correspondente á ocupação i (Km²).

Para coeficientes de escoamento “C” da Tabela 1 são validos para um período de retorno de 10 anos. Para outros períodos deve-se usar a equação 05 (PORTO, 1995):

$$C_t = 0,80 \times Tr^{0,1} \times C_{10} - \text{Equação 05}$$

C_t = coeficiente de escoamento para o período de retorno de Tr;

Tr = período de retorno (anos);

C₁₀ = coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno de 10 anos.

4.7 Tempo de concentração

O tempo de concentração é considerado o tempo que leva para toda a área da bacia contribuir para o escoamento superficial na secção de saída. Após o qual este escoamento permanece em constante em quanto à chuva for constante (CETESB,1980).

Os fatores que influenciam no tempo de concentração de uma dada bacia são:

- A forma da bacia;
- A declividade média da bacia;
- Comprimento e declividade do curso principal e afluente;
- Tipo de cobertura vegetal.

Segundo a Sudcap (2004), o tempo de concentração deve ser calculado por dois procedimentos distintos:

a) Para realizar os cálculos do tempo de concentração em áreas de drenagem de até 5,0 Km², com características naturais, para loteamentos com sistema viário definido, é utilizado às fórmulas de California Culverts Practice e de Kirpich.

Formula de California Culverts Practice (1942), apresentada na equação 06:

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} - \text{Equação 06}$$

Formula de Kirpichb (1940), apresentada na equação 07:

$$T_c = 3,989 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} - \text{Equação 07}$$

b) Em casos de canais revestidos, o tempo de concentração deve ser calculado pelo método cinemático, no qual sua aplicação deve ser realizada com base na velocidade correspondente a um escoamento em regime permanente e uniforme.

Método Cinemático (1975), apresentada na equação 08:

$$T_c = \frac{1000}{60} \sum \frac{L}{V} - \text{Equação 08}$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento de talvegue (Km);

S = declividade equivalente do talvegue (m/Km);

V = velocidade média no trecho (m/s);

C = coeficiente de escoamento superficial.

4.8 Métodos para determinação das vazões de projeto

Para a elaboração de projeto de drenagem de água pluvial é necessário fazer uma análise criteriosa, visto que, as determinações das vazões de projeto são elaboradas com base nos dados de chuvas que ocorrem nas bacias hidrográficas em estudo. Os valores obtidos neste cálculo serão sempre aproximados, pois a incertezas hidrológicas, às simplificações dos métodos disponíveis e aos critérios adotados.

Para o dimensionamento de um sistema de drenagem de água pluvial é necessário analisar as características de toda bacia hidrográfica do local de estudo, juntamente com sua ocupação atual e futura, devem se considerar também os efeitos de obras em estudo, tanto a montante quanto a jusante (RAMOS; BARROS e PALOS, 1999).

Para determinar as vazões de projeto devem ser realizadas de três formas, é utilizado o Método Racional, a formula empírica e o Método do Hidrograma Unitário (I-PAI-WU), no qual trabalham com dados estatísticos, realizando ajustes de séries históricas, como determinação do hidrograma unitário e modelos matemáticos, que simulam o comportamento da bacia de drenagem. O método escolhido depende da finalidade dos estudos, das características da bacia e disponibilidade de dados (TUCCI, 2004).

4.9 Método Racional

Este método é um simples conceito utilizado para bacias hidrográficas de pequeno porte, e são inferiores a 2 Km², e apresenta características simples. O Método Racional apresenta resultados satisfatórios quando aplicado dentro dos limites (RAMOS; BARROS e PALOS, 1999).

Segundo Tucci (2004), o método racional, é muito utilizado na estimativa da vazão máxima de projeto para bacias pequenas, é considerado o pico do escoamento superficial, em função do respectivo tempo de concentração, e também da intensidade da chuva, no qual sua

duração é considerada igual ao tempo de concentração, e as condições de permeabilidade da superfície da bacia permanecem em constante duração ao longo da ocorrência de chuva, onde o pico é considerado em sua área total da bacia. Esta vazão de pico é calculada pela equação 09:

$$Q_p = \frac{C \times i \times A}{3,6} - \text{Equação 09}$$

Onde:

Q_p = Vazão de pico do escoamento superficial em m³/s;

C = Coeficiente de escoamento;

I = Intensidade média da chuva, em mm/h;

A = área da bacia em Km², (TUCCI, 2004);

4.10 Método do Hidrograma Unitário (I-PAI-WU)

Este método é um aprimoramento do método racional, no qual permite uma análise mais criteriosa dos fatores intervenientes e é aplicado em bacias de até 200 Km² de área de drenagem (CETESB, 1980), apresentada na equação 10:

$$Q = (0,278 \times C \times I \times A^{0,9}) \times K - \text{Equação 10}$$

Onde:

Q = vazão (m³/s);

I = intensidade de chuva (mm/h);

C = coeficiente de escoamento superficial;

A = área da bacia (km²);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

4.11 Legislações e a drenagem urbana

De acordo com as normas constitucionais que instituíram a autonomia para conduzir os municípios a partir da Constituição Federal de 1988, onde lhes dá o poder de auto-organização e os conceitos básicos das leis orgânicas e de suas competências (arts. 23, 29, 30 e 182). Assim como nos assuntos municipais, ficaram limitados os aspectos indicados na constituição, seja referente á criação, incorporação, e fusão ao desmembramento de municípios, arts. 18, 35, 36, (BRASIL, 2001).

Com essa promulgação da Lei nº 10.257 de Julho de 2001, foram estabelecidas as diretrizes para a política urbana, denominada como o Estatuto das cidades, que deve ser executada por todos os municípios. Sendo esse, um conjunto de ações políticas que devem ser conduzidas pelo poder público municipal, a fim de garantir que os cidadãos tenham acesso à moradia, infla estrutura urbana, saneamento básico, serviços públicos, transporte, trabalho e lazer, sendo ordenado pelo desenvolvimento das cidades urbanas.

A legislação mais atual no Brasil que trata da drenagem urbana é a Lei nº 11.445 editada no dia 05 de Janeiro de 2007, no qual estabelece as diretrizes para o saneamento básico, seja na função de gestão e controle social, que envolve o planejamento, regulação, fiscalização e prestação dos serviços (BRASIL, 2007).

Segundo a Lei nº 11.445/97 o plano de saneamento básico estabelece o desenvolvimento dos serviços de infraestrutura como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, limpeza urbana, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, por tudo, a realização desses serviços é essencial para a sustentabilidade do meio ambiente e a qualidade de vida dos habitantes.

De acordo com o artigo 9º da Lei 11.445/97, as atribuições e serviços a respeito da política de saneamento, pode-se destacar:

I – Elaborar os planos de saneamento básico nos termos desta Lei.

II – Prestar diretamente ou autorizar a delegação dos serviços e definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, bem como os procedimentos de sua atuação.

De acordo com a lei, o município tem responsabilidade de elaborar e desenvolver o plano de saneamento, tendo que associar os componentes básicos para a regularização (BRASIL, 2007).

Em relação aos aspectos econômicos e sociais, a lei nº 11.445/97 no art. 29º descreve os serviços públicos de saneamento básico, onde terá a sustentabilidade econômica – financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços, para a drenagem e manejo de águas pluviais, a cobrança pode acontecer na forma de tributos, por meios de taxas, em conformidade com a realização dos serviços.

Conforme o artigo 36º da lei nº 11.445/97 as especificações referentes à drenagem urbana descreve que: “a cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve considerar, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar o nível de renda da população da área atendida e as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas” (BRASIL, 2007)

Segundo Tucci (2005), os mecanismos institucionais são a base para o gerenciamento dos recursos hídricos urbanos e da sua política de controle. Contudo, a definição institucional depende dos espaços de atribuição da organização do país, sua inter-relação tanto jurídica como de gestão quanto a água, uso do solo e meio ambiente. Para estabelecer o mecanismo de gerenciamento destes elementos é preciso definir os espaços geográficos relacionados com o problema.

Assim é preciso entender que a política de controle de drenagem urbana deve contemplar dois ambientes: o ambiente interno e externo da cidade, pode-se dizer que são elementos que permite o gerenciamento e o controle da drenagem urbana. As ações e obras de drenagem municipais devem se relacionar com outras legislações, segundo Tucci (2002), as legislações que envolvem a drenagem pluvial urbana, relacionam-se como os recursos hídricos, uso do solo e o licenciamento ambiental.

Pode-se dizer que há vários meios legais que possibilitam a atuação do planejamento e desenvolvimento da drenagem urbana, como, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), Planos Urbanísticos, Leis de uso e Ocupação do Solo.

4.12 Interfaces entre PDDU, PMSB e o Plano Diretor de Drenagem Urbana

Segundo Coelho (2010), os impactos derivados da urbanização podem ser minimizados com o planejamento urbano. O método mais eficaz para o planejamento das cidades é o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), no qual tem objetivo principal direcionar as formas de uso e ocupação do território, visando à qualidade de vida, conservação e a preservação dos recursos naturais.

Para o desenvolvimento urbano, deve ser executada pelo poder público do município seguindo as diretrizes estabelecidas pelo (PDDU), desenvolvendo as funções sociais e garantindo o bem-estar da população. Segundo a Lei nº 10.257, no art. 182 e 183 da Constituição Federal estabelecem as diretrizes gerais da política urbana no Brasil. Portanto, o Plano Diretor de Drenagem urbana é o instrumento básico do processo de planejamento urbano municipal, orientando a ação dos agentes públicos e privados (BRASIL, 2001).

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano é um plano que apresenta a proposta para o futuro desenvolvimento socioeconômico dos municípios, a partir de um diagnóstico da realidade física, econômica, social, administrativa e política, garantindo a organização

espacial dos usos do solo urbano e a infraestrutura, proposta estas definidas para curto, médio e longo prazo, e aprovadas por lei municipal (VILAÇA, 1999).

Para o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), devem incluir assuntos como:

- O diagnóstico da situação real do saneamento básico no município e seus impactos nas condições de vida dos habitantes, incluindo indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos.
- Propósitos e metas de curto, médio e longo prazo para o desenvolvimento do sistema, sendo compatível com outros planos do município e estado.
- Procedimento de avaliação da eficiência das ações planejadas.
- Ações emergenciais e de contingência.

De acordo o Ministério das cidades, desde 2003, o desenvolvimento urbano com uma visão moderna deve se fundamentar no planejamento integrado da água no meio urbano e na elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU). Esse plano deve fazer parte de uma estratégia de desenvolvimento urbano, contemplando as ações integradas da drenagem urbana, considerando as interfaces com o abastecimento de água, esgoto sanitário e a gestão dos resíduos sólidos.

Segundo Tucci (2005), o principal objetivo do Plano Diretor de Drenagem Urbana é estabelecer mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, sejam no escoamento das águas pluviais, rios e córregos em áreas urbanas, usando medidas estruturais ou não estruturais de forma a reduzir os alagamentos e inundações. Ainda segundo o autor, este plano visa impedir prejuízos econômicos, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, em comum acordo com as deliberações do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental.

Pode-se dizer que o Plano Diretor visa desenvolver métodos de gestão da infraestrutura urbana direcionada ao escoamento das águas pluviais e dos rios, formando estruturas baseadas em informações, concepções, diagnóstico da situação atual, onde será desenvolvido em curto e médio prazo, pode expor como principais produtos:

- Regulamentação dos novos empreendimentos.
- Planos de controle estrutural e não estrutural para os impactos existentes nas bacias urbanas.

- Diretrizes de drenagem urbana.

Segundo Tucci (2005), a regulamentação é um decreto municipal, que tem como objetivo determinar critérios básicos para o desenvolvimento da drenagem urbana, destinados a novos empreendimentos nos municípios.

Pode-se dizer que o principal objetivo do plano é evitar que os impactos indesejáveis causados pela implantação de novos empreendimentos, como, loteamentos e edificações, realize o parcelamento do solo com a drenagem inadequada. Com este plano, gera varias alternativas para controlar cada bacia da cidade, reduzindo o risco de inundações e enchentes. Por tanto o manual de drenagem representa o documento que guia a implantação dos projetos de drenagem na cidade (TUCCI, 2005).

4.13 Conjunto de elementos sustentáveis de drenagem urbana

A sustentabilidade urbana consiste em uma inter-relação entre a justiça social, equilíbrio ambiental, qualidade de vida e a necessidade de desenvolvimento com respeito à capacidade de suporte do sistema (HOGAN, 1993). O desenvolvimento sustentável introduz não apenas a questão da capacidade de suporte do sistema de drenagem, mas também as ações destinadas a diminuir os impactos gerados pela rotina urbana e as respostas pautadas por rupturas no modo de operação e formulação de políticas publicas predominantes (JACOBI, 1997).

O método aplicado ao sistema de drenagem urbana superficial reflete diretamente na quantidade e qualidade da água, pois, controlam as taxas de escoamento, reduzindo o impacto da urbanização nas cheias, preservando ou melhorando a qualidade da água para atender as necessidades da comunidade local, assim contribuindo com a recarga natural do lençol freático.

O controle e gerenciamento das bacias urbanas são realizados, por meios de medidas estruturais e não estruturais. Segundo Tucci (2001), medidas não estruturais no controle de cheias, são aquelas em que os impactos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes. Alguns exemplos dessas medidas são:

- Manual de drenagem das águas superficiais urbanas.
- Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem.

- Zoneamento de áreas de inundação.
- Programa de ação emergencial.
- Previsão e alerta de inundação.
- Construções a prova de enchente.
- Seguro contra inundação e educação ambiental.

As medidas estruturais do controle de enchentes são aquelas que alteram o sistema de drenagem, evitando prejuízos decorrentes das enchentes (TUCCI, 2001). Alguns exemplos dessas medidas são:

- Construção de estacionamentos permeáveis.
- Instalações de estruturas de armazenamento temporário das águas pluviais.
- Aumento da capacidade de drenagem de canais abertos e tubulações da macrodrenagem.
- Manutenção da cobertura vegetal.
- Controle da erosão do solo.
- Execução de diques e pólder (URBONAS E STAHRÉ, 1993).

4.13.1 Medidas não estruturais de controle de inundações urbanas

Para o controle da inundação são adotadas medidas não estruturais que podem ser agrupadas em:

- ✓ Zoneamento de áreas de inundação: a regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas de inundáveis envolve a definição da ocupação das áreas de risco na várzea. No seu desenvolvimento é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Em áreas de grande risco não deve ser permitida a habitação, podendo haver recreação desde que o investimento seja baixo e os equipamentos presentes não se danifiquem como os parques e campos de esporte. Para cotas de menor risco são permitidas as edificações especiais. Essa regulamentação deve estar contida no plano diretor do município (TUCCI, 2003).

O zoneamento das áreas de inundação envolve a determinação de risco das enchentes, mapeamento das áreas de inundação, levantamento da ocupação da população na área de risco, definição da ocupação ou zoneamento das áreas de risco.

- ✓ Previsão e alerta de inundação: é um sistema composto de aquisição de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo atual com modelo matemático e Plano de Defesa Civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as enchentes.
- ✓ Construções à prova de enchentes: são construções definidas como o agrupamento de medidas determinadas com intuito de reduzir as perdas de prédios localizados nas várzeas de inundação durante a ocorrência de cheias (TUCCI, 2003).

Segundo Tucci (2005), alguns exemplos são:

- A vedação temporária ou permanente em frestas e aberturas das estruturas.
- A elevação de cota de estruturas existentes.
- Construção de pequenos diques circundando a estrutura objeto de proteção.
- O uso de material resistente à água nas estruturas.

- Seguro contra enchentes: permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para perdas decorrentes dos eventos de inundação. Os critérios tradicionais geram a possibilidade de valoração econômica, aleatoriedade, condições e preços adequados ao risco (Righetto e Mendiondo, 2004).

As catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como, tempestades e enchentes são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro. Algumas enchentes se comparada com outros fenômenos naturais, ocupam o destaque de perda em termos econômicos e fatalidades.

A combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação da várzea. Como o zoneamento de inundação pressupõe a ocupação com risco, torna-se necessário que exista um sistema de alerta para avisar os habitantes sobre riscos durante enchentes.

4.13.2 Medidas estruturais de controle de inundações urbanas

Em algumas situações as medidas estruturais são desenvolvidas e executadas para reduzir o risco de inundações e enchentes, estas podem ser classificadas como extensivas ou intensivas, o controle extensivo é realizado para atuar na bacia, a fim de alterar o vínculo entre a precipitação e vazão, por meio da alteração da cobertura vegetal do solo, que ajuda, a reduzir os picos de enchente controlando os processos erosivos da bacia hidrográfica. Essas medidas intensivas atuam diretamente no rio e são conhecidas por três tipos (TUCCI, 2003).

- Maior vazão de escoamento: para esse efeito é realizado a construção de diques, devido à capacidade e aumento de descarga nos meandros dos rios.
- Minimiza o escoamento: através da criação de reservatórios e as bacias de contenção.
- Desvio do escoamento: são realizados canais para desviar o curso do rio entre outros.

De acordo com os conceitos de Tucci e Genz (1995), essas medidas de controle estruturais são classificadas, conforme a demanda e a projeção de cada bacia hidrográfica, por exemplo:

- Distribuída: essa medida auxilia no controle sobre o terreno vago, passeios e praças.
- Na microdrenagem: é um controle que age por meio de hidrogramas resultante de um ou mais loteamentos.
- Na macrodrenagem: é o manejo dos principais corpos d'água urbanos.

Essas medidas são desenvolvidas e controladas conforme o tipo de ação sobre o hidrograma em (TUCCI e GENZ, 1995).

- Infiltração e percolação: geralmente, é desenvolvido espaços para que a água seja armazenada e tenha maior aproveitamento e infiltração e extração de componentes do solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para diminuir o escoamento superficial.
- Armazenamento: através de reservatórios de varias dimensões e adaptados para o uso em edificações, ou utilização destinadas a para o porte da macrodrenagem urbana. A principal função deste é reter e armazenar parte ou

todo o volume do escoamento superficial, assim diminuindo o pico de água e distribuindo a vazão no tempo. Essas estruturas denominadas como bacias de retenção e telhados armazenadores.

- Maior eficiência do escoamento: este escoamento é realizado através de condutos e canais, e são responsáveis de drenar áreas inundadas, os diques tem a função de reduzir as áreas de inundação. Esses dois citados são algumas alternativas e soluções que tem a finalidade de transferir a enchente de uma área para a outra.

Com o intuito de gerar benefícios utilizando soluções para a retenção das águas, serão descritas algumas concepções com intuito de entender o funcionamento dos sistemas, bem como seus efeitos negativos e positivos sobre a rede de drenagem.

4.13.2.1 Valos de infiltração

Valos de infiltração são dispositivos de drenagem lateral, geralmente encontrados em paralelos as ruas, estacionamento e estradas, esses dispositivos permitem a recarga do lençol e diminuir o escoamento superficial. Pode-se dizer que essas são medidas de controle apenas para locais onde o lençol freático é mais profundo.

Segundo Tucci e Genz (1995), esses valos concentram o fluxo de áreas adjacentes e criam condições para uma infiltração ao longo de seu percurso, após uma precipitação intensa, o volume sobe, e como a infiltração é mais lenta, assim o nível da água mantém durante tempo indeterminado.

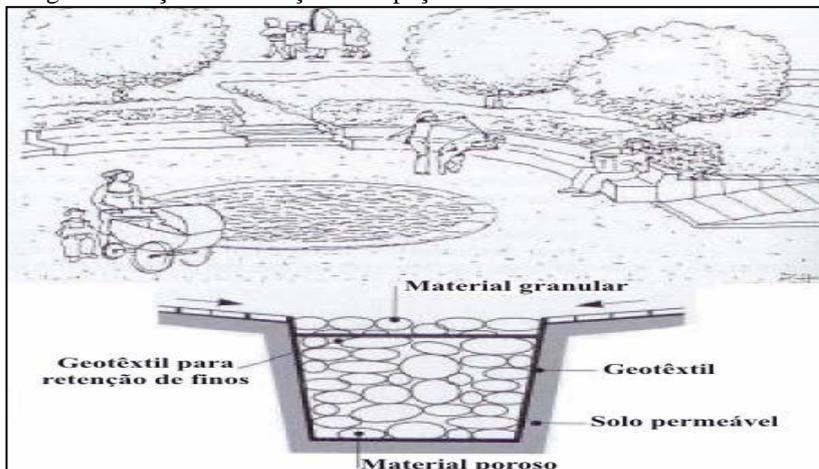
Para estes dispositivos as vantagens são a redução das vazões escoadas pela jusante, gera economia com a redução das dimensões das tubulações da rede de drenagem. Nas questões inconvenientes pode-se destacar o grande risco de adaptação, a necessidade de manutenção periódica, riscos de poluição e risco de paralisação da água.

4.13.2.2 Poços de infiltração

Segundo Souza (2002), os poços de infiltração são geralmente utilizados para drenar áreas pequenas, ela pode ser aplicada em regiões onde o solo superficial é pouco permeável, onde suas camadas profundas apresentam grande permeabilidade. Pode-se dizer que também são usados em conjunto com outros elementos, com a função de exutório, trincheiras,

retenção ou de valetas. A figura 5 apresenta o poço de infiltração ao meio urbano, sua principal função é reduzir os volumes escoados, utilizando um espaço relativamente pequeno.

Figura 5: Poço de infiltração no espaço urbano.



Fonte: Adaptado de Souza, (2002).

Os poços de infiltração possuem vantagens e desvantagem em sua utilização, como:

4.13.2.3 Vantagens

- O ganho financeiro;
- O baixo custo de investimento;
- Boa integração com o meio ambiente;
- Possibilita a recarga do aquífero;
- Utilizado sem restrições em função da topografia;

4.13.2.4 Desvantagens

- Baixa capacidade de armazenamento;
- Possibilidade de elevar o nível da superfície de infiltração;
- Necessidade de manutenção regular;
- Risco de poluição do lençol subterrâneo (MOURA, 2004).

4.13.2.5 Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem urbana formam um conjunto de mecanismos que visam promover a coleta, transporte e a disposição das águas pluviais nos centros urbanos. E são divididos em subsistemas como: na fonte (ou disposição local), microdrenagem e macrodrenagem.

Este sistema é denominado como Low Impact Development (LID), foi-se desenvolvido como uma alternativa dos problemas de drenagem, sua principal função é aumentar as áreas permeáveis para infiltração, percolação e armazenamento temporário das águas pluviais em reservatórios públicos ou residenciais, seja em lotes, estacionamentos, parques e passeios (TUCCI, 1997), estes são classificados em dois tipos: dispositivo de infiltração e armazenamento.

Com base nos conceitos do autor os dispositivos de drenagem, como ilustram as Figuras 6, 7 e 8, são medidas de controle com intuito de reduzir ou desacelerar o escoamento pluvial das zonas urbanas. Segundo Silveira (2002), essa pratica promove benefícios ambientais, possibilitando a infiltração da água no solo, gerando a recarga do lençol freático, com isso, as águas são protegidas de contaminantes que ficam retidos no solo através do processo de infiltração.

Figura 6: Pavimento permeável (área de estacionamento).



Fonte: Assembleia Legislativa de São Paulo (2012).

Figura 7: Passeio com faixas gramadas



Fonte: Drenaltec, (2020).

Figura 8: Pavimento permeável (área de estacionamento).



Fonte: Crete (2018).

4.13.2.6 Microdrenagem

Os sistemas de microdrenagem são definidos por condutos pluviais ou canais de rede primária em um loteamento. Sendo assim, este sistema de drenagem é projetado para atender a demanda de precipitações com risco moderado. Seu principal objetivo é receber as águas precipitadas e em seguida transportá-las por meio de condutos e galerias até um desaguadouro natural, como córregos, galerias e rios, ou outro corpo hídrico que seja conveniente.

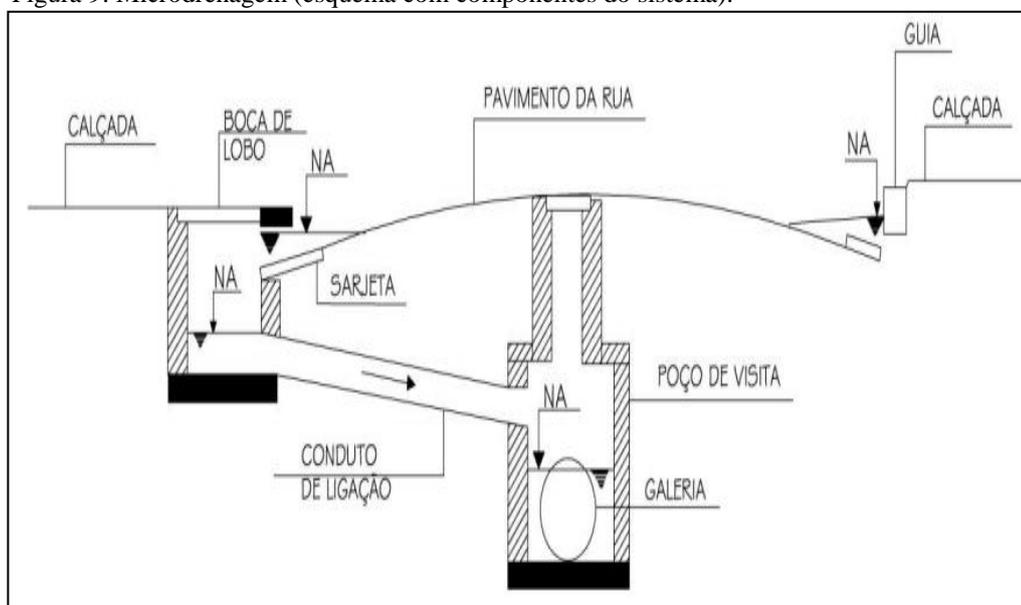
Segundo Bidone e Tucci (1995), estes sistemas de microdrenagem são dimensionados para uma frequência de descarregamentos de 2,5 ou 10 anos de período de retorno, pode-se destacar que, depende das características da ocupação da área de projeto. Ainda segundo os autores os principais elementos utilizados no dimensionamento da microdrenagem urbana:

- Sarjeta: é definida pelo encontro da via pública com o meio-fio, em muitos casos a metade da via pública é considerado no dimensionamento como parte da sarjeta, seu principal objetivo é conduzir as águas até uma boca coletora.
- Boca coletora (BC): conhecida como boca de lobo (BL), é projetada para captar as águas provenientes das sarjetas, conduzindo para as galerias por meio de condutos (tubos) de ligação.
- Condutos (tubos) de ligação: sua principal função é canalizar e transportar as águas pluviais coletadas nas bocas coletoras para os poços de visita ou galerias.

- Galerias: são condutos de rede pública destinados a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e outros.
- Poço de Visita (PV): é destinada a promover uma mudança de direção no traçado das galerias, declividade ou diâmetro, além de funcionar como acesso às galerias, com a finalidade de promover inspeção e limpeza.

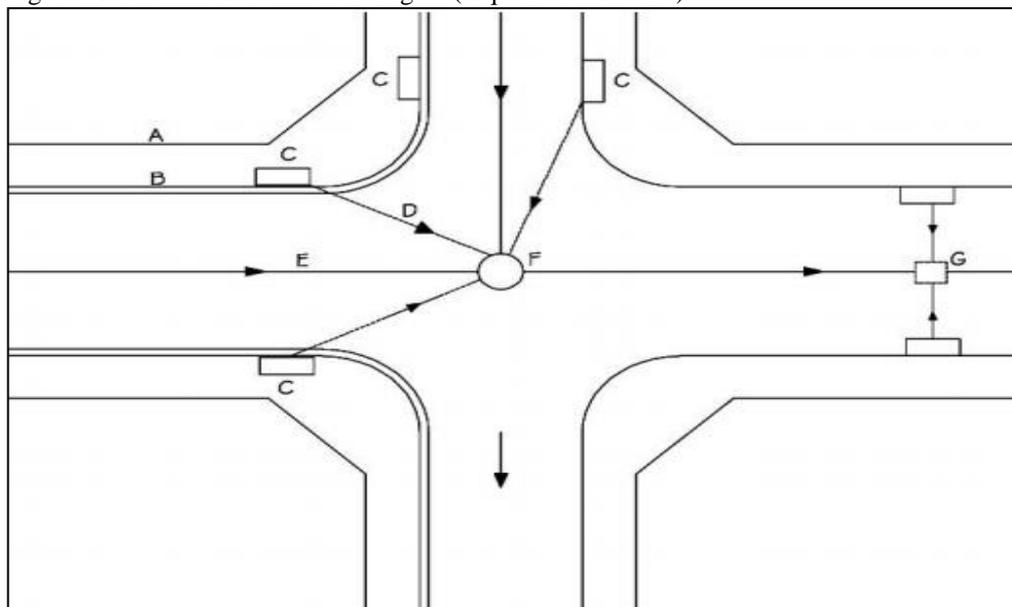
As figuras 9, 10, 11 e 12, apresentam principais elementos que formam o sistema de microdrenagem, seus componentes e os principais tipos de bocas de lobo.

Figura 9: Microdrenagem (esquema com componentes do sistema).



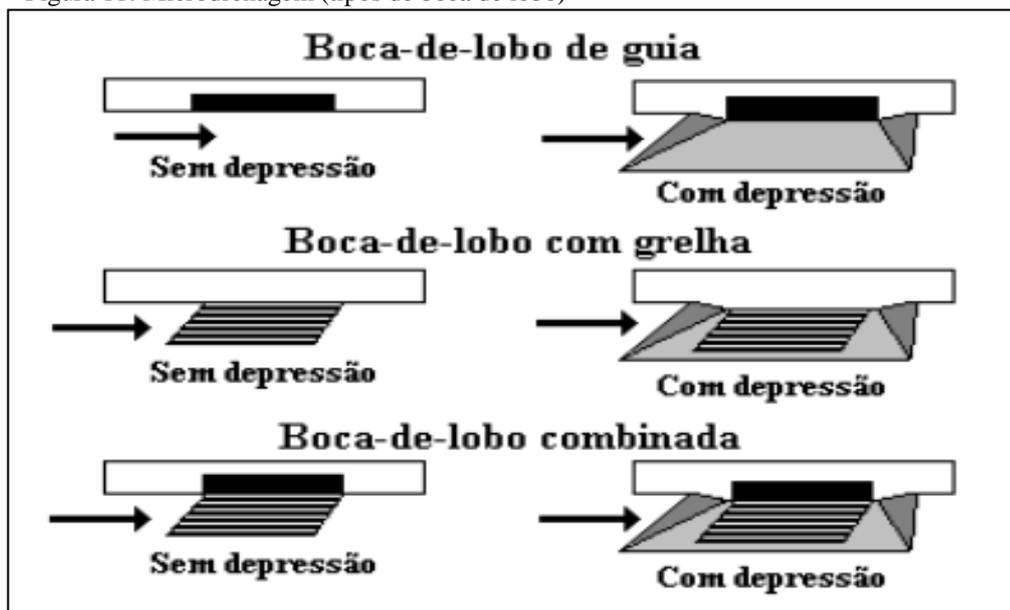
Fonte: Adaptado de Neto, A. C. (2009). Sistemas urbanos de drenagem.

Figura 10: Elementos da Microdrenagem (esquema do sistema)



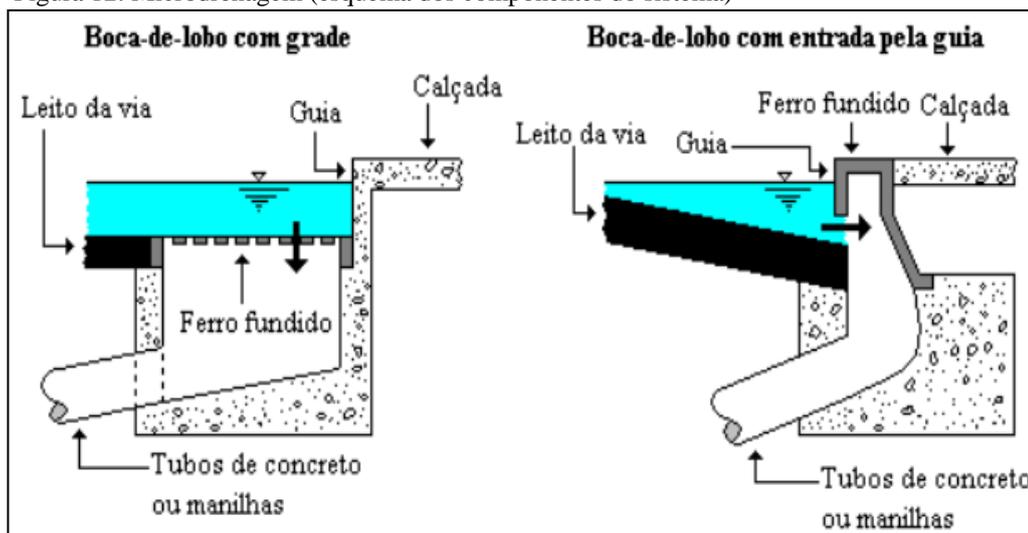
Fonte: Adaptado de Neto, A. C. (2009). Sistemas urbanos de drenagem.

Figura 11: Microdrenagem (tipos de boca de lobo)



Fonte: Neto, A. C. (2009). Sistemas urbanos de drenagem.

Figura 12: Microdrenagem (esquema dos componentes do sistema)



Fonte: Adaptado de Filho, K. Z. et al. (2014)

4.13.2.7 Macrodrenagem

A macrodrenagem urbana é definida como um sistema de escoamento de águas em grande porte, como galerias e canais, córregos e rios, e são considerada como um sistema que recebe a contribuição da microdrenagem (BIDONE e TUCII, 1995). O principal objetivo da macrodrenagem é minimizar os riscos e prejuízos decorrentes de frequências de descargas para períodos de retorno relativamente grandes, como 25 a 100 anos, pode-se dizer que a macrodrenagem é fundamental para o bom funcionamento de um plano de desenvolvimento urbano, pois são obras de fundo de vale designada a controlar inundações, contribuindo com

o equilíbrio da bacia hidrográfica e podem ser formados por galerias de grande porte, canais naturais como córregos e rios, canais artificiais destinados a conduzir a água pela superfície livre, abertos ou fechados, estruturas projetadas para a proteção de erosão e assoreamento.

Com base nos conceitos dos autores, as áreas já urbanizadas possuem um mau funcionamento desse sistema, no qual apresenta maiores prejuízos, gerando risco a saúde da vida humana. Quando o planejamento da macrodrenagem não é eficaz, o escoamento dos picos de vazão se faz por depressões topográficas e pelos canais naturais. Nas figuras 13, 14 e 15, apresentam algumas estruturas dos sistemas de macrodrenagem.

Figura 13: Macrodrenagem, Galeria



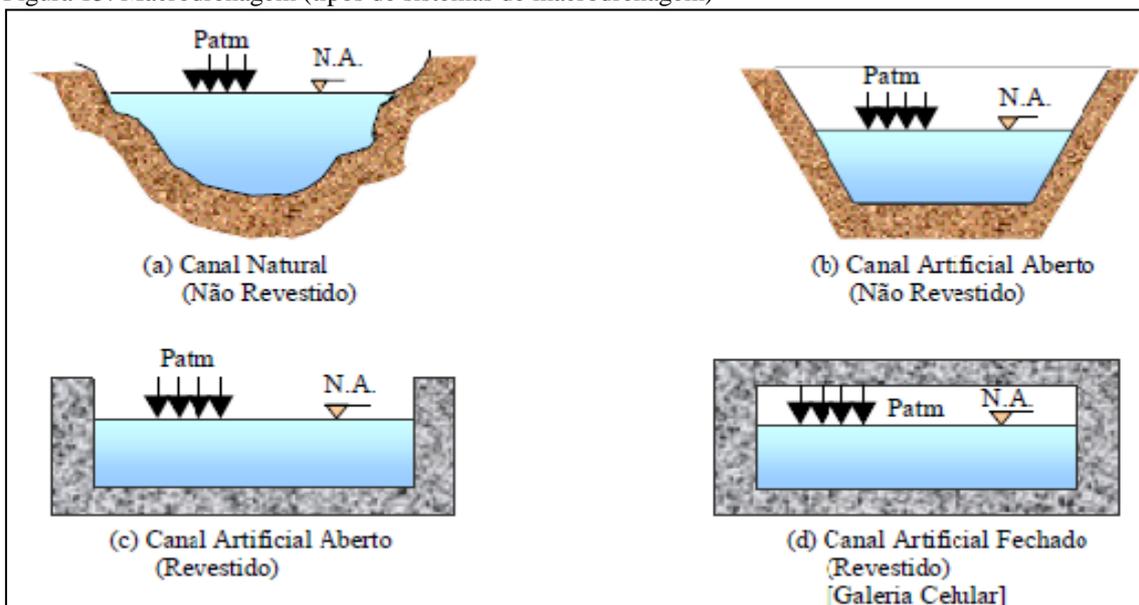
Fonte: Engenharia civil, (2014).

Figura 14: Macrodrenagem, rio artificial



Fonte: Engenharia civil, (2014).

Figura 15: Macrodrenagem (tipos de sistemas de macrodrenagem)



Fonte: Adaptado de Macrodrenagem urbana: canais abertos versus canais fechados. INTEC/PUCPR.

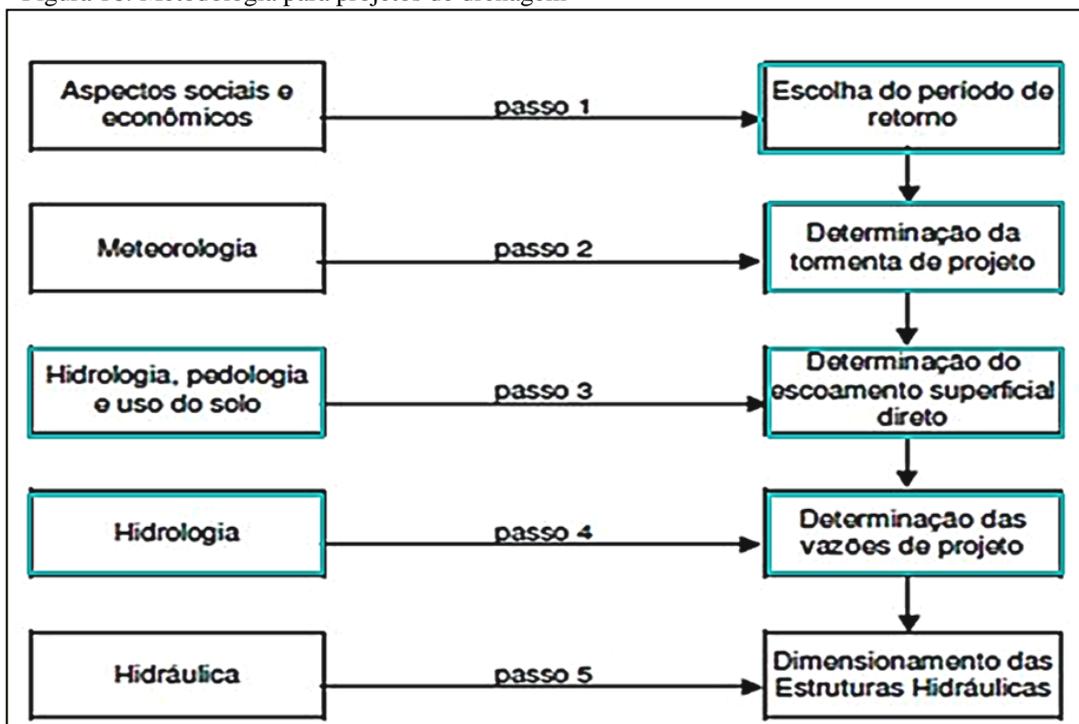
4.13.2.8 Recomendações técnicas para projetos de drenagem urbana

Em relação aos métodos e critérios adotados para realizar cálculos de vazão de projeto, volumes de escoamento superficial, entre outros, pode-se dizer que, o dimensionamento de diversos elementos que compõe as redes de microdrenagem e macrodrenagem, do amplo domínio da hidráulica, é bem complexo, pois possui uma maior dificuldade em escrever sobre a drenagem urbana, no Brasil até o momento, não possui normas técnicas pela ABNT para o desenvolvimento de projetos de drenagem.

No ano de 1986 foi desenvolvido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em São Paulo, o livro Drenagem Urbana – Manual de Projeto, no qual, este livro vem sendo usado até nos dias de hoje, pois se tornou padrão e referência para a elaboração de projetos de drenagem.

Segundo Porto (1995), a metodologia do estudo e sua concepção de projetos de drenagem urbana, podem ser representadas com base na Figura 16, no qual são apresentados os principais passos da metodologia convencional.

Figura 16: Metodologia para projetos de drenagem



Fonte: Adaptado de Porto (1995).

Com base nos conceitos comentados, vale referir que em um recente artigo feito pelo Ministério das Cidades (MCidades), denominado Diagnóstico do Manejo das Águas Pluviais Urbanas (2018), o autor cita que no Brasil não existem normas técnicas de âmbito nacional para projetos de sistemas de drenagem. Portanto, os critérios para a elaboração de projetos de drenagem variam de município para município. Em alguns municípios que precisam ter um sistema mais avançado possuem manuais técnicos próprios, no qual são determinadas as normas a serem seguidas para a elaboração e planejamento de projetos, execução de obras, operação e manutenção da infraestrutura dos sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas.

5 METODOLOGIA

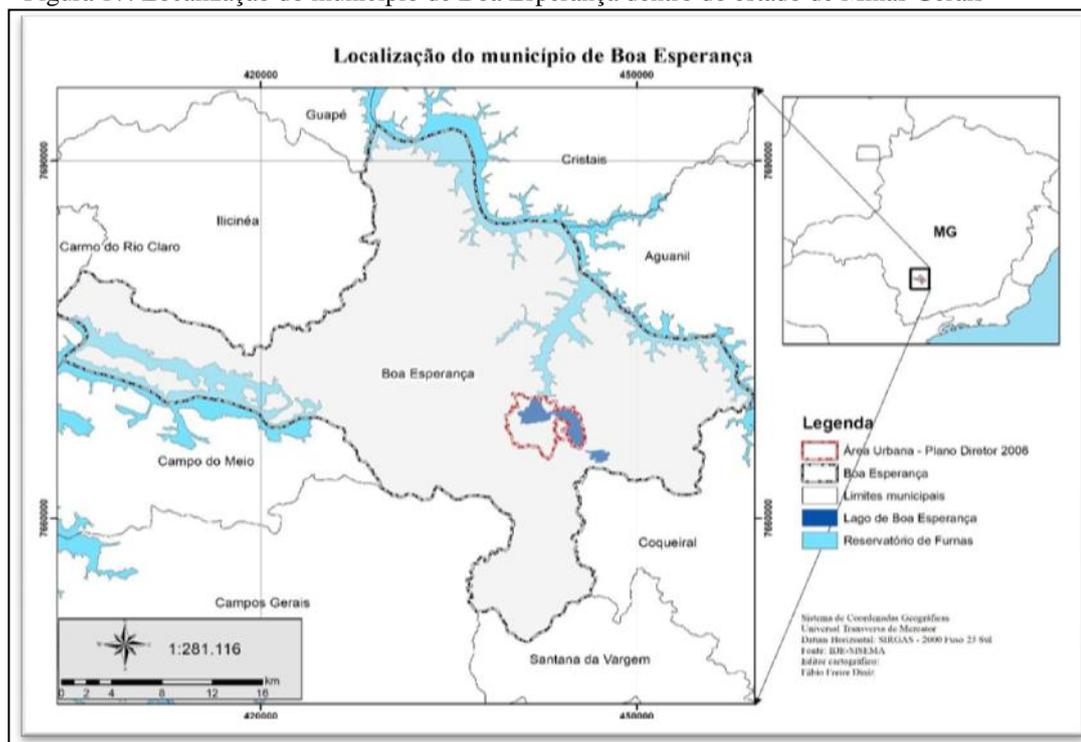
Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa aplicada com intuito de contribuir com a elaboração e orientação de projetos de drenagem pluvial através de um Manual Técnico de Drenagem urbana, para a aprovação execução de novos empreendimentos, no qual visa desenvolver uma compreensão ampla a respeito dos sistemas que envolvem a gestão dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais do município de Boa Esperança – MG.

A revisão bibliográfica se deu por meio de uma ampla pesquisa bibliográfica através de diversos livros, mapas, manuais de drenagem urbana, como CETESB e IGAM, mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, legislações, instruções técnicas, instruções e diagnósticos de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e visitas *in loco*, no qual teve o objetivo de revisar e coletar todos os elementos necessários para a avaliação dos sistemas de manejo e drenagem das águas pluviais do município de Boa Esperança – MG. Após a ampla revisão bibliográfica pode-se então desenvolver o diagnóstico e apresentar um Manual Técnico de Drenagem Urbana para o município, permitindo a criação de regulamentos técnicos e melhorias dos sistemas e gestão de drenagem e manejo das águas pluviais em novos empreendimentos do município.

5.1 Caracterização geral da área de estudo

O Município de Boa Esperança - MG, ilustrado na figura 17, localizado na mesorregião do sul e sudoeste de Minas Gerais, e na microrregião de Varginha, situada a 32 km norte – oeste de Três Pontas, e tem como limites municipais as cidades de Aguanil, Campos Gerais, Campo do Meio, Carmo do Rio Claro, Coqueiral, Ilicínea, Guapé, Santana da Vargem. O município possui área total de 860,669 km², situado a uma altitude média 798 metros com coordenadas geográficas: Latitude: (21° 5' 39") Sul, Longitude: (45° 34' 29") Oeste. A sua densidade demográfica é de 44,75 Hab/Km² no território do município, e conta com uma população estimada de 40.127 habitantes (IBGE, 2019).

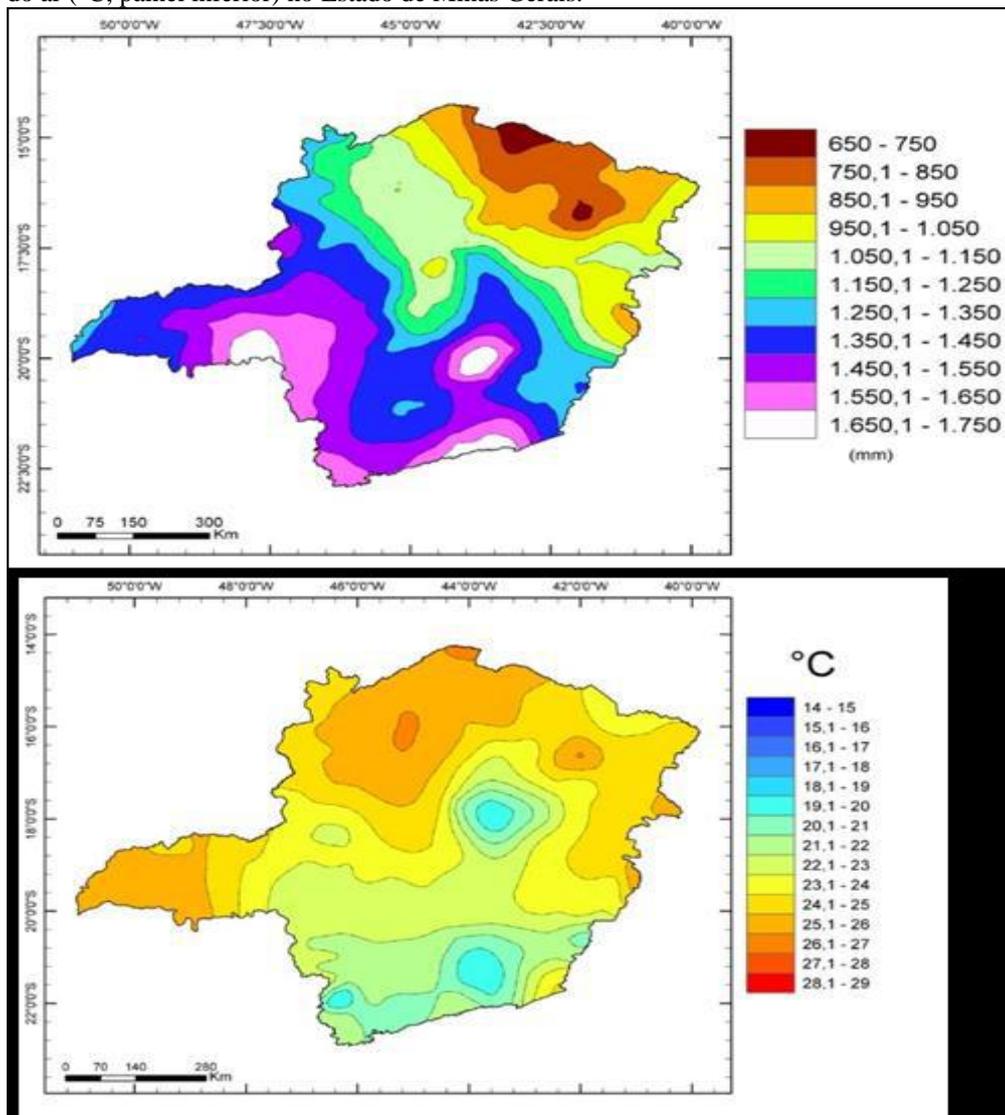
Figura 17: Localização do município de Boa Esperança dentro do estado de Minas Gerais



Fonte: IDE-SISEMA, 2020; PDDU,2006

A região de Boa Esperança – MG segundo a classificação do IBGE, pode ser localizada na Zona Tropical, no qual possui um clima semi-úmida, com 4 a 5 meses de estiagem, assim a temperatura com média de 21°C e máxima de 27°C (REBOITA ET AL., 2015). Devido ao clima do município a precipitação média anual segundo Koppen-Geiger, é de 1.383mm e temperatura média de 20,8 °C. A figura 18 apresenta a distribuição média anual da precipitação e da temperatura do ar para o estado de Minas Gerais.

Figura 18: Distribuição espacial da média anual da precipitação (mm; painel superior) e da temperatura do ar (°C; painel inferior) no Estado de Minas Gerais.



Fonte: Reboita et al., 2015, Adaptado pelo Autor, 2020.

5.2 Plano Diretor do Município de Boa Esperança

De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Boa Esperança – MG, Lei nº 3173 de 21 de Dezembro de 2006, estabelece a política de desenvolvimento básico do município, e atuam na produção e gestão do território, conforme o Art. 31 o município de Boa Esperança é dividido em Macrozonas (Macrozona de Máxima Densidade - MMD, Macrozona de Densidade Intermediária - MDI e Macrozona de Interesse Socioambiental - MISA), (PDDM, 2006).

Dentro da Macrozona urbana existem outras zonas, conforme o Art. 32 desta lei, a MMD é destinada ao adensamento urbano, no qual é o objeto preferencial dos investimentos

públicos, por sua grande oferta de infraestrutura urbana, e compreende a Zona Urbana de Máxima Centralidade (ZMC) e a Zona Periférica Central (ZPC).

Conforme o PDDU (2006), para as diversas Zonas que integram a parte urbana do município, são estabelecidas diretrizes de uso e ocupação do solo, no qual o PDDU recomenda diretrizes básicas de infraestrutura, onde haja:

- Cadastramento e identificação dos espaços urbanos, a fim de promover os espaços de lazer, social e cultural.
- Revitalização do paisagismo local, praças e marcos existente.
- Desenvolvimento de um padrão de urbanização como, ruas, passeios e calçadas, visando à segurança e acessibilidade da população, promovendo a qualidade ambiental do uso dos materiais implantados.
- Para novos empreendimentos exibir estudos de impactos na infraestrutura do local, como sistemas de drenagem urbana (PDDU, 2006).

5.3 Análise do plano diretor municipal e o manejo de águas pluviais.

São raros, no entanto, os municípios que dispõem de um Plano Diretor especificamente de Drenagem Urbana. Boa Esperança dispõe de apenas um Plano Diretor que assegura em seu Art.67 as diretrizes e os elementos referenciais para o saneamento ambiental, para a melhoria das condições de vida da população no município e a redução da degradação dos seus recursos naturais, conforme os seguintes sistemas:

- I. Abastecimento de água;
- II. Esgotamento sanitário e seu sistema de tratamento;
- III. Drenagem das águas pluviais;
- IV. Gestão integrada de resíduos sólidos;
- V. Controle da poluição ambiental;
- VI. Recuperação e adequação de áreas ambientalmente frágeis e de preservação permanente, especialmente as nascentes e foz dos rios e riachos;
- VII. Definição de zonas de interesse ambiental e paisagístico com padrões específicos para preservação e recuperação;
- VIII. Implementação de um programa de proteção dos recursos hídricos;

- IX. Estabelecimento de uma área destinada à implantação de um novo cemitério.

No PDDU não há descrição das estratégias operacionais do sistema de drenagem urbana. Faltam, com isso, mecanismos para administrar a infraestrutura relacionada à gestão das águas pluviais urbanas e dos rios e córregos do município. Cabe ao Plano Diretor propor, além das medidas estruturais, as medidas não estruturais correspondentes às ações que visam diminuir os danos decorrentes das inundações, por meio de normas, leis, regulamentos e ações educacionais. Ademais, ressalta-se que o Plano Diretor está em processo de revisão, podendo ser alterado nesse contexto.

5.4 Legislação existente

O município atualmente não dispõe de legislação municipal de uso e ocupação do solo, todavia, editou a Lei Municipal nº Lei nº 4751 de 15 de junho de 2018, que dispõe sobre parcelamento do solo urbano e controle da expansão urbana no município de Boa Esperança, e revoga a lei municipal nº 4126, de 29/05/2014.

Entretanto, em análise à referida Lei é possível verificar que esta é omissa no tocante ao manejo de águas pluviais, assim, como a Lei Orgânica Municipal e o Plano Diretor Participativo.

O que se tem, é tão somente algumas passagens no que se refere à responsabilidade pela canalização dessa água, que no caso de loteamentos é do loteador, nos termos do art. 24, inciso VIII, senão vejamos:

*Art. 24. A execução das obras de infraestrutura do loteamento aprovado pelo Departamento de Engenharia da Secretaria Municipal de Obras constitui obrigação do loteador, e compreende:
VIII. canalização das águas pluviais.*

Já em se tratando de chacreamentos, a responsabilidade passa a ser do empreendedor, conforme consta do §2º, inciso II, do art. 50 do mesmo diploma legal, confira-se:

*"§2º - O chacreamento deverá ainda contemplar por conta do empreendedor:
II – rede pluvial;"*

Ainda sobre a responsabilidade, no caso de condomínios há a necessidade de realizar essa canalização, conforme pode se inferir do art. 46, *in verbis*: "Art. 46 - Os condomínios imobiliários na zona urbana obedecerão às seguintes diretrizes: (...) VI - canalização das águas pluviais"; (...).

Sobre o assunto a referida norma traz apenas tais informações, não tendo nada mais concreto a respeito, capaz de levar ao rebatimento no manejo de águas pluviais.

Já em se tratando das águas pluviais em terrenos, no código de obras, capítulo IX, art.33 e 34, cita:

Art. 33 - As edificações construídas sobre linhas divisórias não podem ter beiradas que lancem águas no terreno do vizinho ou logradouro público, o que deve ser evitado mediante captação por meio de calhas e condutores.

§1º - As águas pluviais oriundas de sacadas, ou áreas livres superiores, não poderão ser lançadas diretamente nos passeios, devendo ser captadas e conduzidas por dutos até o passeio, passando por baixo deste e daí lançadas na sarjeta.

§2º - O escoamento de todas as demais águas pluviais, será executado através de canalização embutida no passeio, com tubulação de Ø (diâmetro) de 100 mm (cem milímetros), e lançado em rede pluvial ou sarjeta.

Art. 34 - Os lotes em declive somente poderão extravasar águas pluviais para os lotes inferiores quando não for possível seu encaminhamento para a rede pública de drenagem pluvial, ou para as sarjetas, por baixo dos passeios, devendo o proprietário do lote inferior permitir a execução das obras necessárias, conforme previsto no Código Civil.

Capítulo XIII, art.80, cita:

§1º - Deve ser obedecido nos passeios o desnível de 1% (um por cento), no sentido do logradouro, para o escoamento das águas pluviais.

§2º - Se constatada pelo órgão municipal competente, a necessidade de se prolongar a rampa além do meio fio, sobre a via pública, a mesma não poderá ultrapassar a 0,50m (cinquenta centímetros) sobre a via pública e ter dispositivos que permitam o livre escoamento das águas pluviais ao longo das sarjetas.

6 DIAGNOSTICO

No município de Boa Esperança o sistema de coleta e transporte das águas pluviais não é um sistema misto, ele é do tipo separador. No sistema separador (convencional os esgotos sanitários são coletados e transportados em canalização completamente separada daquela em que escoam as águas pluviais). No qual é o sistema predominante no Brasil, sendo o único atualmente aplicável por exigência da legislação ambiental, podendo também assumir a forma condominial.

No município, atualmente, não é realizado nenhum processo de levantamento de ligações clandestinas de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos (PMBE, 2020).

Essa prática de ligações clandestinas é proibida por lei e passível de punições, pois contribui com o entupimento e refluxo do esgoto em vias públicas e estabelecimentos pelos ralos e vasos sanitários, desse modo, para enfatizar os problemas relacionados às ligações clandestinas que afetam simultaneamente os dois serviços à população deve estar ciente sobre a importância de fazer ligações independentes: uma para o esgoto e outra apenas para a água pluvial com destino para as sarjeta e boca de lobo.

6.1 Análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais

Há alguns pontos críticos no município, onde, quando a intensidade da chuva é muito grande, as tubulações não conseguem suprir a água, ocasionando assim alguns pontos de alagamentos. Seguem a seguir Figuras 19 a 23, de alguns locais onde há falha no sistema de drenagem, por falta de infraestrutura, entre outros.

Figura 19: Falta de drenagem na Rua Bias Forte, Bairro Centro, em Boa Esperança, 2020.



Fonte: Autor (2020).

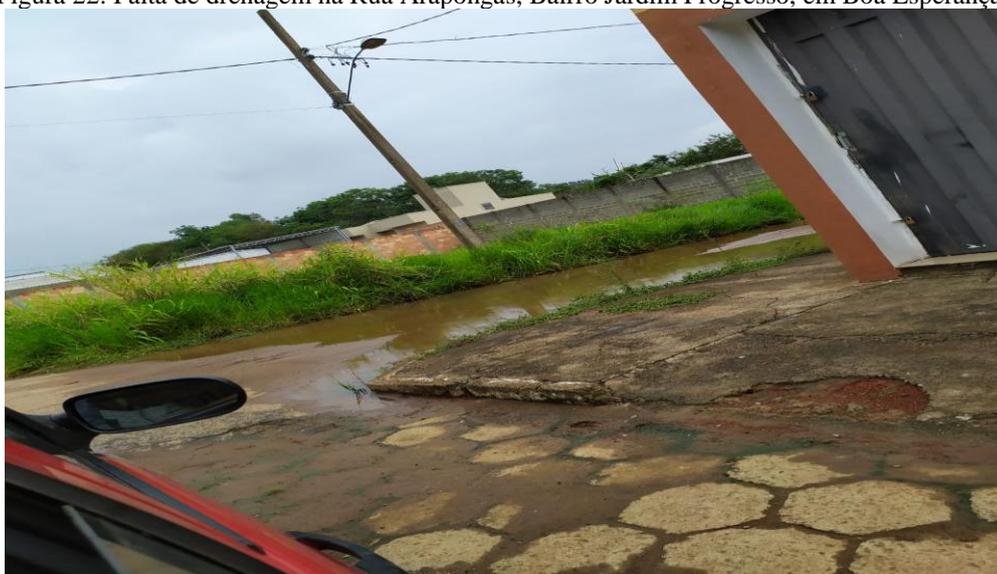
Acumulo de água por falta de sistema de drenagem nas Ruas Ilicínea, Centro, Arapongas, Bairro Jardim Progresso e Rua Gutemberg Moreira Leite em Boa Esperança – MG, esses é causado por falta de sistema de drenagem, como apresentado nas figuras 18, 19 e 20.

Figura 20 e 21: Falta de drenagem na Rua Ilicínea, Bairro Centro, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020).

Figura 22: Falta de drenagem na Rua Arapongas, Bairro Jardim Progresso, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor, 2020

Figura 23: Falta de drenagem na Rua Gutemberg Moreira Leite, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor, 2020

Nas Ruas Dr Sales, Emanuel Vilela e Senador Milton Campos, a água entra na casas da população que reside nestas ruas, como é apresentado nas figuras 24 a 27, abaixo.

Figura 24: Falta de drenagem causa inundação na Rua Dr. Sales, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor, 2020

Figura 25 e 26: Inundação por falta de drenagem na Rua Manuel Vilela Centro, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor, 2020

Figura 27: Inundação na Rua Senador Milton Campos Centenário, em Boa Esperança, 2020.



Fonte: Autor, 2020

6.2 Ocorrência de Rompimento de tubulações e à proliferação dos vetores.

Não existem dados de rompimento de tubulações, segundo informações obtidas através de funcionários da Secretaria Municipal de Obras há alguns pontos como citado nas imagens acima, onde, quando a intensidade da chuva é muito grande as tubulações não conseguem suprir a água, mais não chegam a romper.

6.3 Pontos obstruídos aos cursos d'água de deságue

A existência de pontos obstruídos pela disposição inadequada de resíduos sólidos em terrenos próximos às vias e aos cursos d'água de deságue acontece no Bairro Frederico Ozanan, onde devido ao descarte de lixo a tubulação de deságue das águas pluviais está rompida, como mostra a Figura 28 a seguir.

Figura 28: Falta de drenagem na Rua Arapongas, Bairro Jardim Progresso, em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor, 2020.

6.4 As vias com problemas de microdrenagem

O município tem no total 160 km de ruas com média de 500 metros cada. Seguindo esses valores, foi identificada a quantidade de vias que alagam com precipitação TR < 5 anos, sobre o número total de vias do município (cerca de 320 vias), o resultado encontrado é de aproximadamente 9,38%, apresentado abaixo e no apêndice A, mapa do município de Boa Esperança (PMBE, 2020).

Esse valor corresponde às ruas;

- *Rua Dona Cândida – 21°04'36.79" S / 45° 34'25.08" O*
- *Rua Bahia – 21° 04'46.38" S / 45° 34'27.67" O*
- *Rua Pernambuco – 21°04'43.57" S / 45°34'32.46" O*
- *Rua Rio Grande do Norte – 21° 05'01.40" S / 45°34'22.96" O*
- *Av. Delduque (próximo à rotatória) – 21°05'23.23" S / 45°34'11.05" O*
- *Loteamento Dr. Vilela – 21°05'55.26" S / 45°34'04.69" O*
- *Rua Joaquim Três Pontas com a Alzira Vieira – 21°06'18.76" S / 45°33'52.80"*
- *Bairro Lago Seca (bacia com interseção de 5 vias) 21°06'00.86" S / 45°33'24.92" O*
- *Rua Mariquinha Gomes – 21°06'09.41" S / 45°33'21.41" O*
- *Rua Hélio Alves Vilela – 21°06'08.50" S / 45°33'43.08" O*
- *Rua Érico Cipriano Freire – 21°06'07.22" S / 45°33'49.93" O*
- *Rua Antônio Constantino Barbosa (loteamento Mansinho) - 21°06'55.20" S / 45°33'37.10" O*
- *Rua dos Expedicionários com a Bias Fortes – 21°06'34.02" S / 45°33'46.05" O*

6.5 Pontos de inundação

O único rio presente na malha urbana do município é o Rio Maricota que possui 2.200 metros. O cálculo feito dispôs o total de pontos de inundação no ano sobre a extensão do rio Maricota, o resultado encontrado foi de aproximadamente 10,22km (três pontos de inundação em 2.200 metros de extensão), (PMBE, 2020).

6.6 Área alagada

O município possui aproximadamente 32,58 km² de área urbana total, dentro desta, 5,53 km² é constituído por áreas alagadas. Sendo assim, o indicador é de aproximadamente 16,97% do total da área.

6.7 Condições de macrodrenagem

Na malha urbana, a única bacia com deficiência é a do Bairro Lago Seca. No meio rural, não existe nenhuma infraestrutura de macrodrenagem, o que faz com que toda natureza seja responsável por fazer o “processo” de drenagem das águas pluviais. O município ainda não apresenta nenhum estudo acerca desses índices e nem mesmo o Plano Diretor dispõe informações para o possível cálculo deste indicador (PMBE, 2020).

6.8 Técnicas e Tecnologias Adotadas pelo Município

As visitas técnicas realizadas são adotadas pelo município e estão ligadas a conceitos antigos na concepção de sistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, com base na ideia de um rápido escoamento e disposição final das águas pluviais. Não envolvem, por exemplo, a adoção de medidas preventivas aos problemas vinculados a drenagem urbana e sim a adoção de medidas corretivas e estruturais.

No município de Boa Esperança os sistemas implantados são operados por gravidade, onde as águas pluviais coletadas pelo sistema de microdrenagem são transportadas por uma rede de galerias subterrâneas até os canais de macrodrenagem. Os métodos e dispositivos empregados são:

- Meio fio, bocas de lobo, caixas coletoras com grade, galerias subterrâneas, poços de visita para microdrenagem e;
- Sarjetas, valas naturais e de concreto, obras de contenção de taludes, caixas coletoras de talvegues.

Os sistemas de drenagem urbana existentes no município de Boa Esperança são sistemas aparentemente antigos, sendo assim, não houve a constatação dos diâmetros das redes, por falta de dados e projetos (PMBE, 2020).

No município não há prevenção de desastres de inundação, mesmo que localizados, pois a topografia dos loteamentos contribui para o escoamento das águas pluviais, exceto em algumas regiões.

As Figuras a seguir mostram os aspectos de infraestruturas do sistema de microdrenagem implantadas no município, observados durante as visitas técnicas realizadas nos meses de Abril, Maio e Junho de 2020.

Percebe-se que as bocas de lobo e bocas de leão na maior parte possuem grades fixas, mas não existe uma conformação definida em relação às sarjetas e meio-fio. No geral, as grades não se mostraram danificadas, estando em bom estado e cumprindo com a sua função de evitar a entrada de detritos e resíduos.

A declividade do asfalto favorece o escoamento da água da chuva, as áreas de sarjetas e por diversas situações, o asfalto encontra-se danificado, ocasionando o acúmulo de água em buracos e defeitos, como mostram as Figuras 29 e 30, a seguir.

Figura 29 e 30: Aspectos das Estruturas existentes na pavimentação em Boa Esperança, 2020.



Fonte: Autor (2020).

É possível observar que o município e seus Bairros possuem algumas tipologias de sistemas de drenagem urbana os quais são mostrados nas Figuras 31 a 34 a seguir:

Figura 31 e 32: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020.



Fonte: Autor (2020).

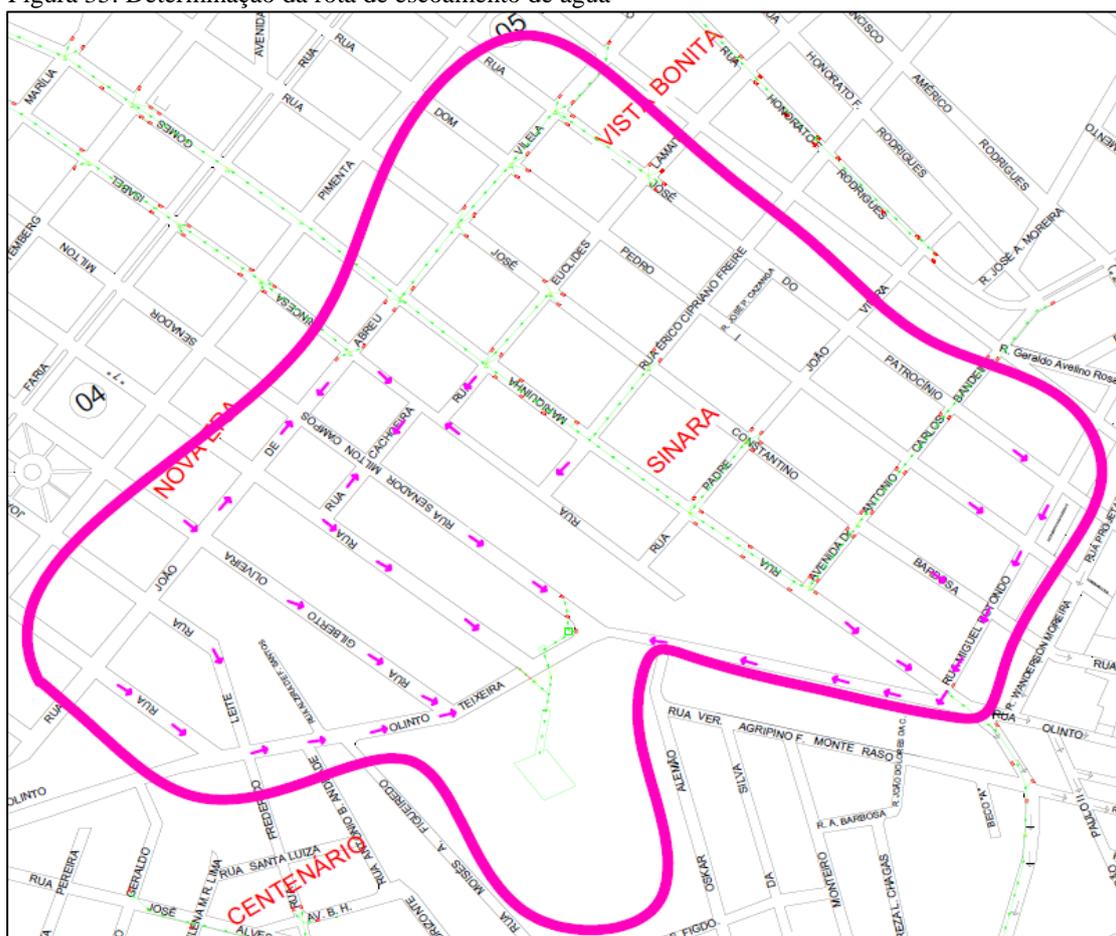
Figura 33 e 34: Aspectos das Estruturas existentes na microdrenagem. Bocas de lobo gradeadas sem sarjeta definida em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020).

A Figura a seguir mostra os aspectos observados no local denominado Lago Seca, onde a implantação de sistema de drenagem ocorreu parcialmente na localidade, nos cruzamentos das ruas Olinto Teixeira e Senador Milton Campos, onde foi necessária a execução de uma medida emergencial, visto que, os Bairros Nova Era, Sinara, Vista Bonita e Centenário deságuam todos no mesmo, pois o sistema de drenagem dos Bairros citados acima não suportam o volume de água que escoam nas vias, e são acumulados no local. Para a medida emergencial realizou-se a execução de duas caixas de retenção, para reduzir a velocidade da água, sendo direcionada através de tubos de 1000 mm, para a bacia de retenção de aproximadamente 250 m². A figura 35 e 36 a seguir apresentam os Bairros citados e a marcação da rota de escoamento da água (PMBE, 2020).

Figura 35: Determinação da rota de escoamento de água



Fonte: Prefeitura Municipal de Boa Esperança, 2019, Adaptado pelo Autor, 2020

Figura 36: Bacia de Retenção em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor , 2020.

A figura 37 a seguir, apresenta os aspectos do Bairro Vila Neusa, na Rua Major Aquiles R. Naves foram observadas um sistema de drenagem antigo, a Secretaria de Obras do município não possui dados do sentido, começo e fim da rede.

As deficiências encontradas no sistema, as quais demandam manutenções, são descritas como galerias danificadas, bocas de lobo entupidas, uma vez que captam a água, os resíduos e o solo carregados após a ocorrência de chuvas mais intensas, causando uma enchente no cruzamento da Rua Major Aquiles R. Naves e Hélio Vilela (PMBE, 2020)

Figura 37: Sistema de Drenagem Antigo



Fonte: Prefeitura Municipal de Boa Esperança, 2019, Adaptado pelo Autor, 2020

Os sistemas de drenagem dos loteamentos novos e antigos se encontram irregulares, com origens inadequadas, e não atendem às normas técnicas, em vários eventos não suportam a quantidade de água escoada. Os Bairros Centro, Nova Era, Santa Cruz, Vila Belém, Jd. Primavera, Jd. das Magnólias, Vila Neusa. Do Rosário, Marconi, Cidade Nova (I, II, III), Jd. Aeroporto, Jd. das Acácias, Jd. Belvedere, Vista do Lago I e II, Alta Vista, São Miguel, Jd. Sol Nascente, Frederico Ozanan, Alvorada, Maringá, Maringá II, Monte Rei, Pôr do Sol e Jd. Nova Esperança e etc. contém parcialmente sistema de drenagem (PMBE, 2020).

O Bairro denominado Centro, devido seu apelo turístico pelas águas do Lago dos Encantos, localizado nas margens da Avenida JK, possui infraestrutura de drenagem antiga, pois algumas redes de drenagem se misturam com a rede de esgoto, de acordo com a Secretaria de Obras do município, e são descartados no Lago. As Figuras 38, 39 e 40, a seguir apresentam os dissipadores de energia. O Lago é considerado como fundo de vale, pois recebe a maior parte da drenagem do município.

Figura 38 e 39: Sistema de drenagem de água pluvial, dissipadores de energia em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020)

Figura 40: Sistema de drenagem de água pluvial, dissipadores de energia em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020)

Conforme a norma do DNIT 022/2004 o dissipador de energia é um sistema que visa promover a redução do escoamento nas entradas e saídas, ou mesmo ao longo da própria canalização, de modo a reduzir os riscos e efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

O termo fundo de vale é empregado para designar os rios, córregos, Lagos e suas várzeas, especialmente quando são analisados como ambiente urbanizado e já modificado.

A figura 41 a seguir mostra os aspectos da Avenida Delduque Barbosa, onde é localizado o Córrego do Leitão que também recebe grande parte das águas do município, considerado como um canal secundário, condutor das águas pluviais até o Lago dos Encantos.

Figura 41: Aspectos da Avenida Del Duque Barbosa, onde é localizada o Córrego do Leitão



Fonte: Prefeitura Municipal de Boa Esperança, 2020, Adaptado pelo Autor, 2020

Outro Problema diagnosticado é a poluição. Na área urbana a poluição decorre da deposição dos resíduos sólidos domésticos nas galerias, bocas de lobos das redes pluviais como mostram a Figura 42 e 43 a seguir.

Figura 42 e 43: Aspectos do Bairro denominado Lagoa Seca em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020)

As deficiências encontradas nos sistemas de drenagem, as quais demandam manutenções e instalações de grades, são descritas como galerias danificadas, assoreadas ou entupidas, bueiros assoreados e bocas de lobos entupidas, uma vez que captam a água, os resíduos e o solo são carregados após a ocorrência de chuvas mais intensas, como mostram as Figuras 44 e 45 a seguir:

Figura 44 e 45: Aspectos do Bairro São Sebastião em Boa Esperança, 2020



Fonte: Autor (2020)

Segundo informações da Prefeitura, recentemente no ano de 2020 na Avenida João Júlio de Faria localizada na divisa dos Bairros Jd. Das Palmeiras, São Miguel e Loteamento Mansinho, a rede de drenagem sofreu algumas modificações, pois o volume de água escoado dos loteamentos Jd. Das Acácias, Jd. Belvedere e Jd. Aeroporto não possui sistema de drenagem. As Figuras 46 a 49, a seguir mostram aspectos desse local, onde há ocorrência de escoamentos superficiais expressivos e o carregamento do solo, onde houve uma erosão devido à insuficiência de capacidade do sistema de microdrenagem implantado dos loteamentos acima.

Figura 46 e 47: Carregamento do solo e insuficiência do sistema existente, 2020



Fonte: Autor (2020)

Figura 48 e 49: Carregamento e insuficiência do sistema existente, 2020



Fonte: Autor (2020)

De acordo com o Departamento de Engenharia e Projetos da Prefeitura Municipal de Boa Esperança o município não possui informações vinculadas aos projetos e sistemas de drenagem urbana dos bairros mais antigos da cidade. Os projetos que consta no Departamento são dos Bairros, Maringá II, Santa Luzia, Cidade Nova III, Residencial Holanda, Jardim Encantado, Mansinho, Cata-Vento, Dr. Paulo Rosa, Santa Elisa, Parati II, Santo Antônio, Belo Horizonte II, Pitangueiras I, Condomínio Floresta.

Não foi possível levantar informações de metragem de rede de drenagem existente no município de Boa Esperança, por falta de dados concretos, pois os projetos apresentados no Departamento de engenharia não condizem com as instalações in loco.

O sistema de drenagem é, em geral, dimensionado para garantir o escoamento de chuvas de recorrência de até 10 anos. Quando adequadamente dimensionado, implantado e gerenciado em relação às manutenções necessárias, pode eliminar praticamente todos os alagamentos existentes na área urbana, evitando transtornos a pedestres, veículos e danos materiais a propriedades.

6.9 Proporção de áreas verdes impermeabilizada

Boa Esperança tem aproximadamente 5,53 km² de área verde e 32,58 km² de área urbana total. Contudo, a proporção de áreas verdes impermeabilizadas é de 19,49% em relação à extensão total (PMBE, 2020).

A definição dos sistemas de microdrenagem em um município ou em áreas específicas de um município deve abordar questões relativas ao planejamento especialmente quando do projeto de novas edificações e loteamentos, onde o comportamento hidráulico e hidrológico deve ser estudado a fundo.

Assim, evita-se o sobrecarregamento de sistemas já existentes e evita-se o desenvolvimento de problemas futuros relacionados a alagamentos, inundações e enxurradas, o que também contribui para o custo dos sistemas sejam sustentavelmente adequados para as particularidades de cada região.

Em geral, os locais problemáticos surgem em função do aumento da urbanização, consequentemente aumento da impermeabilização do solo. Há assim a transferência do escoamento gerado à jusante, causando problemas nas porções mais baixas do município devido ao acúmulo dos volumes escoados (enxurradas).

Outros problemas são devido aos sistemas existentes serem antigos e subdimensionados para essa evolução da urbanização ou então devido à ausência de sistemas adequados implantados em virtude de ocupações não regularizadas ou em áreas inadequadas.

No município foram implantadas áreas permeáveis (áreas verdes), para a redução do carregamento do solo como mostram as figuras 50 e 51, a seguir.

novos projetos de drenagem pluvial. Portanto este manual técnico fornece uma base de informações para melhorar a fiscalização desses serviços e no desenvolvimento da cidade.

Este Manual técnico foi desenvolvido através do manual de drenagem da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), pode-se dizer que são diretrizes direcionadas ao estado de São Paulo, no qual apresenta um conceito base de todos os manuais de drenagem urbana, como também é apresentado nas referências do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

7 MANUAL TÉCNICO DE DRENAGEM PARA O MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG

O escoamento das águas pluviais acontece, existindo ou não um sistema de drenagem, e preenche os espaços disponíveis, sejam esses adequados ou não (TUCCI, 2003). Por tanto o município de Boa Esperança precisa encarar estes problemas de modo corretivo, que torne o sistema de micro e macro drenagem eficiente, visando minimizar o escoamento superficial.

Diante dos registros encontrados, é possível concluir que o atual sistema de drenagem pluvial do município sofre com enchentes localizadas em diversos pontos da cidade, devido à falta de capacidade de escoamento da água da chuva e ineficiência do sistema de drenagem.

Para absorver e conduzir de maneira segura as águas provenientes das regiões mais elevadas da cidade, este manual possui o objetivo de apresentar instruções técnicas para a elaboração de projetos futuros de micro drenagem e contribuir com informações necessárias, garantindo a eficiência dos sistemas. A seguir são apresentados os procedimentos que deveriam ser considerados pela legislação municipal.

7.1 Elaboração de projetos de drenagem urbana

Para a elaboração de projetos de drenagem urbana no município de Boa Esperança – MG, o presente roteiro visa orientar o projetista no sentido de indicar uma sequência lógica da metodologia de abordagem dos diferentes assuntos a serem considerados no projeto. Vale resaltar que são orientações gerais e podem ser melhor adequadas ao projeto.

O roteiro envolve os seguintes itens de projeto:

- Dados Básicos;
- Análise das características da área da bacia em estudo;
- Estudos hidrológicos;

- Concepção de alternativas;
- Projeto Hidráulico;
- Documentação do projeto (CETESB, 2012);

7.2 Dados Básicos

Para apresentar os dados básicos de projeto, o projetista deve reunir e coordenar todas as informações básicas para contribuir na elaboração do projeto, sejam essas, existentes ou elementos de novos empreendimentos, obtida através de levantamento em campo. Para os principais dados a serem abordados em diversos sistemas são:

- Planta da bacia de drenagem em estudo;
- Características da faixa de implantação das obras;
- Condições previstas de desenvolvimento futuro;
- Cobertura vegetal e condições de ocupação da bacia atual e futura;
- Informações sobre chuvas intensas na área da bacia (FCTH, 2012).

7.3 Documentação dos Projetos

As documentações dos projetos são de grande importância, pois compreende a sistematização, organização e apresentação de todos os elementos que constitui o projeto em sua versão final (TUCCI 2007). O conteúdo básico de apresentação é:

- **Relatório Técnico**
 - 1- Apresentação;
 - 2- Descrição da bacia hidrográfica;
 - 3- Escopo do projeto;
 - 4- Resumo das características do projeto final;
 - 5- Dados básicos;
 - 6- Análise das características da bacia;
 - 7- Estudos hidrológicos;
 - 8- Projeto hidráulico (CETESB,1980);

- **Desenhos em Geral**

- 1- Planta de situação (escala 1: __000);
- 2- Perfil longitudinal dos cursos principais (escala 1: __000);
- 3- Detalhamento dos perfis e seções transversais típicas (escala 1: __000);

- **Memória de cálculo**

A memória de cálculo deve ser apresentada de forma clara e toda a metodologia aplicada, e também os critérios e técnicas de dimensionamento de todo o sistema. Sendo assim, em um futuro próximo se possa reconstituir todos os cálculos, e todos os elementos que formam os sistemas de drenagem, neste memorial devem estar contidos a formulas utilizadas e suas justificativas, deve ser apresentado ilustrações por meio de detalhamento dos perfis e especificações de tubulações, para reforçar o resultado de cálculo, informações consideradas em projeto (IHRH, 2007).

- **Especificações Técnicas**

As especificações técnicas devem ser apresentadas de forma objetiva, tornando o projeto de fácil entendimento. Devem ser realizadas com base as Normas Técnicas vigentes, e em caso de novas regras devem ser devidamente justificadas, através de laudos técnicos (IHRH, 2007).

7.4 Concepção de projetos de drenagem

Para desenvolver os projetos em planta, deve ser imposto o alinhamento do talvegue natural do curso d'água a canalizar, deve ser apresentado o perfil longitudinal e transversal, com determinadas especificações de projeto como, posição dos principais sistemas, especificar as velocidades máximas, o tipo de material, diâmetro, revestimento a ser utilizado e suas inclinações adotadas (CETESB, 2007). Estes projetos devem seguir os seguintes tópicos:

- Traçado em planta;
- Determinação do tipo de conduto adotado e seções transversais;
- Alternativas de arranjo em perfil longitudinal.

7.5 Estudos Hidrológicos

Para o dimensionamento dos sistemas de micro e macro drenagem, precisa-se dos dados pluviométricos do local em estudo (TUCCI, 2004). Podem-se utilizar dados pluviométricos do software Plúvio 2.1, obtendo em ambos os resultados da intensidade de precipitação. Para o município de Boa Esperança estes dados também estão disponíveis no site da fundação PROCAFÉ.

Conforme os dados necessários para a equação de chuva indicado no relatório obtido pelo software plúvio 2.1, como ilustra a figura 52.

Figura 52: Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Boa Esperança/MG.

 Plúvio 2.1  Copyright (2005) © GPRH	
RELATÓRIO Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação	
LOCALIZAÇÃO:	
Localidade: Boa Esperança	Estado: Minas Gerais
Latitude: 21°05'24"	
Longitude: 45°33'57"	
PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:	
K: 4291,578	
a: 0,175	
b: 31,733	
c: 1,025	

Fonte: software Plúvio 2005, adaptado pelo autor (2020).

Através dos dados apresentados na figura 52, é calculada a intensidade de precipitação para o município de Boa Esperança, utilizando a equação 11:

$$i = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} - \text{Equação 11}$$

Onde:

i = intensidade (mm/h)

T = período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (min);

k , a , b e c = parâmetros que devem ser determinados para cada local (BACK, 2002).

Depois de definir a intensidade de chuva do município, segundo Villela e Matos (1975), é realizado o cálculo para determinar o tempo de concentração na cabeceira de rede, em casos de novos loteamentos devem ser analisadas as seguintes instruções:

- Para áreas inferiores a 5 Km² e com características naturais deve-se utilizar a equação 12 de Kirpich, onde:

$$T_c = 3,989 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} - \text{Equação 12}$$

- Projetos de loteamento com áreas menores que 5 Km² utilizar a equação 13 de California Culverts Practice, onde:

$$T_c = 57 \times \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} - \text{Equação 13}$$

- Projetos com áreas superiores a 5 Km² utilizar o método cinemático, apresentada pela equação 14 onde:

$$T_c = \frac{1000}{60} \sum \frac{L}{V} - \text{Equação 14}$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento de talvegue (Km);

S = declividade equivalente do talvegue (m/Km);

V = velocidade média no trecho (m/s);

C = coeficiente de escoamento superficial.

Para definir o período de retorno do município utilizar as tabelas 01 e 02, apresentadas abaixo:

Tabela 1 – Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.

Tipo de obra	Tipo de ocupação	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e arteriais de Tráfego	5 a 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
	Área de importância específica	500

Fonte: Tucci (2008).

Tabela 2 – Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.

Obras	TR adotado	Funcionamento
Drenagem profunda ou superficial	10 anos	-
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e celulares	15 anos	Canal
Verificação de bueiros tubulares e celulares	25 anos	Orifício
Pontes	50 a 100 anos	Canal

Fonte: DNIT (2005).

Para o coeficiente de escoamento superficial deve ser utilizada a tabela 03, apresentada abaixo, no qual, apresenta os diferentes coeficientes de escoamento em uso do solo, os cálculos apresentados são com base em um estudo de Tucci e diversos manuais como, CETESB e IGAM.

Tabela 3 – Valores do coeficiente de Escoamento Superficial.

Zonas	Valor de C
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
Edificação com poucas superfícies livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma habitação: partes de arrabaldes e suburbanos com pequena densidade de construção.	0,10 a 0,25
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Tomaz (2002).

A área de drenagem a ser considerada pode ser delimitada pelo método de diagrama de telhados, no qual delimita as áreas contribuintes, por exemplo, lotes e vias, segundo a geomorfologia do parcelamento do solo (VILLELA e MATOS, 1975).

7.6 Características Físicas da bacia em estudo

Com o objetivo de fornecer os elementos característicos de uma bacia, esta análise consiste em apresentar os aspectos geológicos, morfológicos, cobertura vegetal e tipo de ocupação existente. Os tópicos considerados são:

Caracterização morfológica e geológica e dos solos da bacia;

- Características de ocupação e cobertura vegetal;
- Avaliação das condições de permeabilidade, densidade e forma da bacia (CETESB, 1980).

Para realizar a caracterização física de uma bacia, deve-se conhecer sua área. A área de drenagem é fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, uma vez que o seu valor multiplicado pela lamina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia (TUCCI, 2004).

Em seguida é caracterizada a forma da bacia, e são definidas por índices e formas geométricas, onde:

- Índice de compacidade (Kc): é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de mesma área que a bacia, e são definidos pelas equações 15, 16 e 17:

$$A = \pi \times r^2 - \text{Equação 15}$$

$$A = \frac{P}{2 \times \pi \times r} - \text{Equação 16}$$

$$Kc = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{A}} - \text{Equação 17}$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia (Km)

A = área da bacia (Km²)

Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compactidade ($K_c > 1$), ou seja, quanto mais próxima da unidade ($K_c = 1$), mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA & MATOS, 1975).

- O Fator de forma (K_f) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão) apresentado na figura 53, e é calculado a partir da equação 18:

$$F_f = \frac{\bar{L}}{L_{AX}} - \text{Equação 18}$$

Onde:

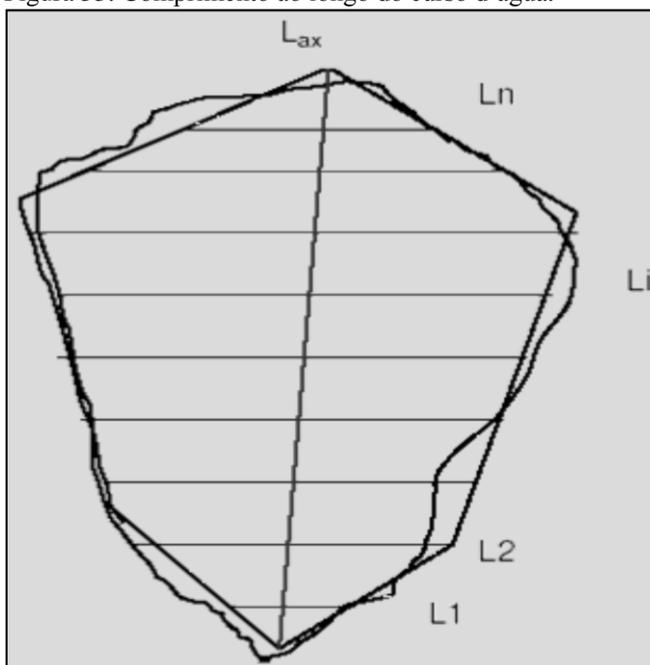
F_f = é o fator de forma;

A = é a área da bacia em (km^2);

L_x = é o comprimento axial da bacia em (km) (VILLELA & MATTOS, 1975).

Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA & MATTOS, 1975).

Figura 53: Comprimento ao longo do curso d'água.



Fonte: Villela & Mattos, 1975.

- $F_f > 1$ indica que a bacia é arredondada (ou circular);
- $F_f < 1$ indica que a bacia tem forma mais alongada

Quando o menor o fator de forma mais comprida é a bacia, portanto menos sujeita a picos de enchentes, assim o fator de forma apresenta:

- (1,00 – 0,75) – Está sujeito a enchentes;
- (0,75 – 0,50) – Tendência mediana;
- (< 0,50) – Não está sujeito a enchentes, (VILLELA & MATTOS, 1975).

• **Densidade de drenagem (Dd):** Expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água, sejam esses efêmeros, intermitentes ou perenes de uma bacia e a sua área total (TUCCI, 2004), são apresentados pela equação 19:

$$DD = \frac{\sum L}{A} - \text{Equação 19}$$

Onde:

L = comprimento de cada curso d'água da bacia;

A = área da bacia.

Para realizar uma pré-avaliação em estudos de regionalização ou transposição de dados hidrológicos entre bacias de uma região, pois permite avaliar as semelhanças de escoamento entre bacias hidrográficas de tamanhos diferentes (VILLELA & MATTOS, 1975).

- Bacias com drenagem pobre → $Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem regular → $0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem boa → $1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias com drenagem muito boa → $2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas → $Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

7.7 Projeto Hidráulico

Conhecendo as características da bacia, pode ser elaborado o projeto hidráulico dos sistemas de drenagem, no qual envolve o pré-dimensionamento das mesmas e a verificação de funcionamento do conjunto, apresentando as condições e critérios estabelecidos pelo projetista, como também a análise de desempenho hidráulico das singularidades e obras especiais, possibilitando os ajustes necessários para o melhor desenvolvimento do projeto (DAEE/CETESBE, 1980).

Os principais elementos utilizados nos sistemas de micro drenagem são:

- **Meio fio**, são os elementos colocados paralelamente ao eixo da rua, para dividir a via pública do passeio;
- **Sarjetas** são faixas paralelas ao meio fio e a via pública, sua função é o direcionamento das águas da chuva, conduzindo para as bocas de lobo ou fins de vale;
- **Sarjetões** são calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação, sua principal função é direcionar e orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas.
- **Bocas de lobo**, sistema localizados em pontos estratégicos, como, nas sarjetas, para a captação das águas pluviais;
- **Tubos de ligação**, sistema de tubulação destinada a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita;
- **Galeria**, canalizações utilizadas para a condução das águas pluviais, provenientes das bocas de lobo e ligações residenciais;
- **Trecho** é a porção da galeria localizada entre dois poços de visita;
- **Poço de Visita**, no qual são os dispositivos localizados em pontos estratégicos, que permite a mudança de direção dos condutos, mudança de diâmetro, declividade, inspeção e limpeza dos sistemas (TUCCI, 2001).

7.8 Definição Geral do Projeto

Para definir o traçado da rede coletora deve ser lançada em uma planta baixa (escala 1:2.000 ou 1:1.000) conforme as condições naturais de escoamento superficial. Algumas regras básicas para elaborar o traçado são:

- As áreas contribuintes e os divisores de bacias de cada trecho deverão ficar marcados nas plantas;
- A direção do escoamento deve ser identificada por meio de setas;
- A solução mais adequada para o dimensionamento de cada rua é determinada de acordo com suas características e condições (BIDONE; TUCCI, C. E. M., 1995).

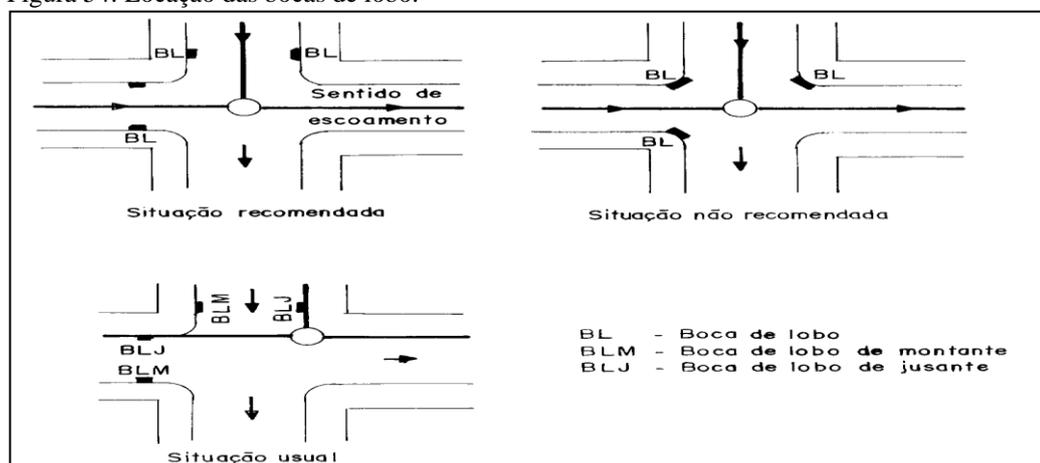
➤ Bocas de Lobo

Para conduzir adequadamente o escoamento superficial das águas até as galerias, as bocas de lobo devem ser localizadas em pontos estratégicos, estabelecidos pelo projetista, deve ser colocado bocas de lobo nos pontos mais baixos do sistema viário, afim de evitar alagamentos, como apresenta a figura 54 abaixo:

A locação das bocas de lobo deve ser realizada da seguinte forma:

- Serão locadas nos pontos mais baixos das quadras;
- Serão locadas nos dois lados da rua, com base no dimensionamento do projetista;
- É recomendado adotar um espaçamento de no máximo 60 metros entre as bocas de lobo, caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
- A melhor solução para a instalação das bocas de lobo é nos pontos próximo ao cruzamento das ruas;
- As bocas de lobo não devem ser instaladas junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes.

Figura 54: Locação das bocas de lobo.



Fonte: (CETESBE, 1980)

Para o dimensionamento da capacidade de sucção das bocas de lobo pode ser calculada pela equação 20:

Se $y < 12$ cm:

$$Q = 1,7 \times L \times y^{\frac{3}{2}} - \text{Equação 20}$$

Quando a altura de água sobre o local for maior do que a abertura na guia, a vazão pode ser calculada pela equação 21 abaixo:

$$Q = 3,01 \times L \times \left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 21}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento, m³/s;

y = altura da água próximo a abertura da guia (m);

L = comprimento da soleira;

H = altura da guia (m);

y₁ = Carga da abertura da guia (m), no qual (y₁ = y - h/2) (FCTH, 2012).

Segundo a Cetesb (1980), as bocas de lobo com grelha podem ser calculadas pela equação 22, da seguinte forma:

$$Q = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}} - \text{Equação 22}$$

Onde:

P = perímetro do orifício

y = Altura da água próxima a abertura da guia (m);

Para a profundidade da lâmina maior que 42 cm, a vazão é calculada pela equação 23:

$$Q = 2,91 \times A \times y^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 23}$$

Onde:

Q = Vazão de engolimento, em m³/s;

y = Altura da água próxima a abertura da guia (m);

A = Área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m²).

Desta forma as bocas de lobo são colocadas nas sarjetas para captar as águas veiculadas por elas, desta forma, não venham a invadir as ruas, causando complicações no tráfego de veículos e pedestres.

➤ **Poços de visita**

Para atender as mudanças de direção, declividade e diâmetro das tubulações devem ser dimensionados os poços de visita nos cruzamentos das ruas, em diversos trechos. Conforme as técnicas abordadas pela SUDECAP (2004) foram desenvolvidas alguns tópicos para a execução e dimensionamento, como:

- A instalação dos poços de visita deve atender às mudanças de direção, declividade e diâmetro.
- Para um melhor funcionamento de rede, deve ser colocado um poço de visita em todo início e fim de rede;
- O espaçamento entre dois poços de visita deve seguir o recomendado pela tabela 04:

Tabela 04: Espaçamento máximo dos poços de visita

DN (mm)	Espaçamento máximo (m)
500	100
800	120
1000	120
1200	150
1500	200

Fonte: SUDESCAP, 2004

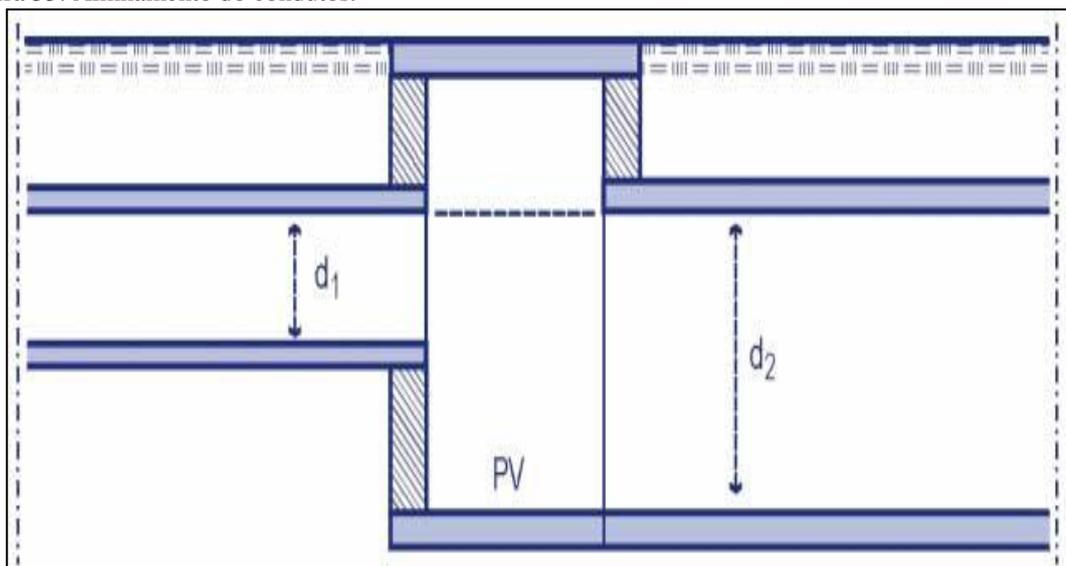
➤ **Galerias**

Para o dimensionamento das galerias deve utilizar o diâmetro mínimo de 0,30 m. As galerias são projetadas para funcionarem a seção plena com vazão de projeto (TUCCI, 2003). Para melhor direcionar no dimensionamento abaixo apresenta alguns critérios:

- A velocidade máxima admissível é determinada em função do tipo de material utilizado. Para tubos de concreto a velocidade máxima é de 5,0 m/s e a velocidade mínima de 0,60 m/s.

- Para o recobrimento mínimo da rede devem ser utilizados 1,0 m, quando forem empregados tubulações sem estruturas especiais. Em caso de recobrimento menor, as canalizações deverão ser projetadas pelo ponto de vista estrutural.
- Em caso de mudança de diâmetro das tubulações, estes devem ser alinhados pela parte superior dos tubos como ilustrado na figura 55 (CETESB, 1980).

Figura 55: Alinhamento do condutos.



Fonte: (CETESBE, 1980)

Para o dimensionamento das galerias é realizada com base nas equações de Manning, utilizando para o cálculo seção plena, segundo a equação 24 e 25 a seguir:

$$R_h = \frac{D}{4} - \text{Equação 24}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4n} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{3}{8}} - \text{Equação 25}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s;

n = Coeficiente de rugosidade (Manning);

D = Diâmetro em m;

S = Declividade em m/m;

O cálculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria adotada, a tabela 5 abaixo apresenta alguns valores do coeficiente de rugosidade Manning.

Tabela 5: valores do coeficiente de rugosidade de Manning.

Características	n	
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,30 - 0,40	
Canais retilíneos com capins de até 30 cm de altura	0,30 - 0,060	
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)

Para determinar o diâmetro necessário, é utilizado a equação 26:

$$D = 1,55 \times \left(\frac{Q \times n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} - \text{Equação 26}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s;

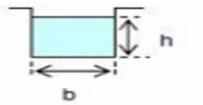
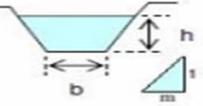
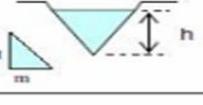
n = Coeficiente de rugosidade (Manning);

D = Diâmetro em m;

S = Declividade em m/m;

Após definir o diâmetro, deve-se calcular a lâmina percentual (y/D), a qual levará ao raio hidráulico (Rh) real e a velocidade efetiva (V) de escoamento no conduto. Os elementos de um conduto parcialmente cheio podem ser obtidos a partir das expressões geométricas (TOMAZ, 2011), apresentadas na Figura 56 abaixo:

Figura 56: Principais elementos característicos das seções.

Forma da seção	Área (A) (m ²)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b.h$	$b + 2.h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b.h}{b + 2.h}$	b
	$(b + m.h).h$	$b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2.m.h$
	$m.h^2$	$2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2.m.h$
	$\frac{1}{8} \cdot (\theta - \text{sen } \theta) \cdot D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta \cdot D}{2}$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) D$	$\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right) D$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2.h$

Fonte: (AZEVEDO NETTO, 2003).

Segundo Tomaz (2011), a fórmula mais conhecida para o dimensionamento de condutos livres usada no Brasil é a fórmula experimental de Manning elaborada em 1891, representada conforme as equações 27 e 28:

Para encontrar a velocidade média na seção:

$$v = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 27}$$

Para encontrar a vazão no conduto livre:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 28}$$

Onde:

R_h = raio hidráulico (m);

I = declividade do fundo do canal (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Os coeficientes de rugosidade de Manning são apresentados na figura 57 abaixo:

Figura 57: Coeficientes de Manning.

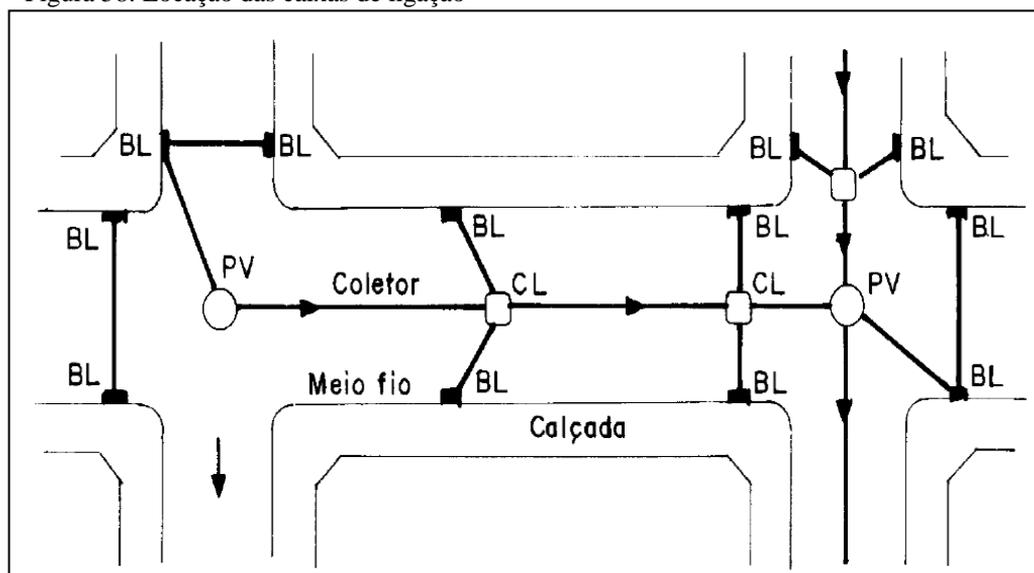
Natureza das Paredes	Condições			
	Muito boas	Boas	Regulares	Más
Tubos de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Idem, com revestimento de alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Condutos de barro vitrificado, de esgotos	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento; condutos de esgotos, de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016

Fonte: AZEVEDO NETTO, 2003.

➤ Caixas de Ligação

As caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária à locação de bocas de lobo intermediária, sua função é similar a do poço de visita, a diferença é que as caixas não são visitáveis (CETESB, 1980). Na figura 58 abaixo, apresenta alguns exemplos de localização das caixas de ligação:

Figura 58: Locação das caixas de ligação



Fonte: CETESB, 1980.

➤ **Capacidade de condução hidráulica de ruas e sarjetas**

O escoamento das águas pluviais ao caírem nas áreas urbanas, primeiramente elas escoam pelos terrenos ate chegarem às ruas. Sendo assim, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas através da inclinação longitudinal das ruas, e destas são escoadas ruas abaixo. Se a vazão for excessiva ocorrerá:

- Alagamento e seus reflexos;
- Inundação das calçadas;
- Velocidades exageradas com erosão do pavimento (CETESB, 1980).

Para o dimensionamento da capacidade de condução da rua ou da sarjeta, deve ser calculada a partir de duas hipóteses:

- A água escoando por toda a calha da rua; ou
- A água escoando somente pelas sarjetas.

Portanto, para a primeira hipótese, a declividade transversal da rua a 3%, e a altura da água na sarjeta de 0,15m, apresentado na figura 59. Para a segunda hipótese, admite-se declividade transversal também de 3% e altura de água na sarjeta de 0,10m (CETESB, 1980). Com estes dados à verificação da vazão máxima escoada pode ser calculada utilizando a equação 29 de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times A \times i^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 29}$$

Onde:

Q = vazão escoada;

A = área da seção da sarjeta;

R_h = raio hidráulico em (m);

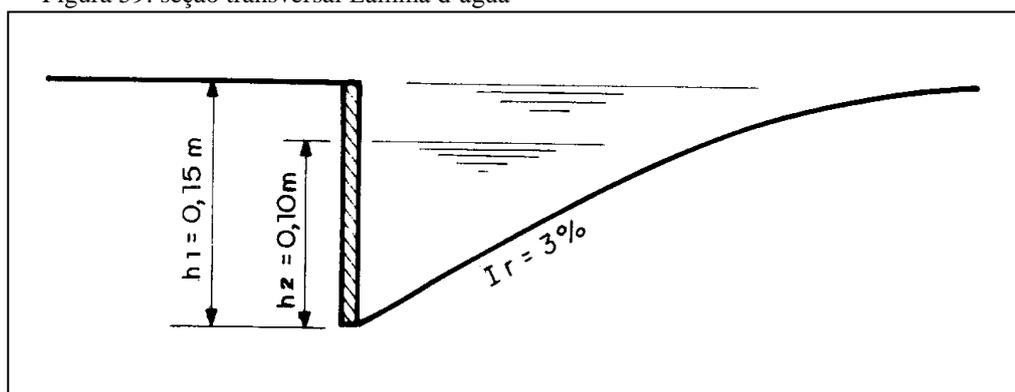
i = declividade longitudinal da rua;

n = coeficiente de Manning, (vide figura 56)

O escoamento das sarjetas pode ser calculado também pela formula de *Izzard*, apresentada na equação 30:

$$Q_s = 0,00175 \times \frac{Z}{n} \times y^{\frac{8}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 30}$$

Figura 59: seção transversal Lamina d'água



Fonte: CETESB, 1980

Quando a vazão calculada, for maior que a capacidade da sarjeta, deve ser utilizado bocas de lobo para retirar o excesso, evitando assim os transtornos anteriormente mencionados (FCTH, 2012). Uma vez calculada a capacidade teórica das sarjetas, multiplica-se o valor por um fator de redução que leva em conta a possibilidade de obstrução da sarjeta de pequena declividade, por sedimentos (CETESB, 1980). Apresentados na tabela 6:

Tabela 6: Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10,0	0,20

Fonte: (CETESB, 1980)

8 PLANO DE METAS

O dimensionamento incorreto dos sistemas de drenagem urbana, associados à falta de manutenção e limpeza dos dispositivos é a principal causa dos problemas encontrados no município. Segundo Tucci (2002), a eficiência destes sistemas depende principalmente dos dados utilizados nos cálculos, portanto, é preciso atualizar com precisão estes valores utilizados no dimensionamento.

Com o intuito de promover a melhora significativa dos serviços de drenagem urbana de Boa Esperança, o município deve-se trabalhar para atingir níveis máximos de excelência nos serviços de drenagem. Por tanto foram estabelecidas metas que almejam o alcance de um cenário ideal. Segundo Souza (2002), um dos objetivos primordiais a ser alcançado é a realização de projetos e a execução de obras estruturais para o sistema, além de medidas que instituem a manutenção preventiva do mesmo. Abaixo serão apresentados fundamentos, projetos, ações e metas, visando o alcançar um cenário de referencia para o município de Boa Esperança.

- **Fundamento 1:** O município de Boa Esperança não possui projetos ou mapeamento do sistema de drenagem urbana de águas pluviais. Faz-se necessário o mapeamento das áreas, a digitalização dos projetos em meios físicos existentes e o georreferenciamento de todo o sistema de drenagem urbana.
- **Projetos e Ações:**
 - 1- Elaborar mapeamento e cadastramento de dados do sistema de drenagem com auxílio da ferramenta Sistema de informações Georreferenciadas – SIG, com o objetivo de promover meios de identificação dos pontos críticos, sistemas existentes, carências, diâmetros das tubulações existentes e emissários (CETESB, 1980).
- **Metas:**
 - 1- **Imediata – até 3 anos:** Elaborar mapeamento e cadastramento de dados de 100% do sistema de drenagem urbana.
 - 2- **Médio prazo – 4 a 6 anos:** Alimentação do banco de dados.
 - 3- **Longo prazo – 7 a 20 anos:** Alimentação do banco de dados
- **Fundamento 2:** No diagnostico foram levantadas áreas críticas com problemas de subdimensionamento ou assoreamento das galerias, ocupação de áreas de

inundação natural, áreas com acúmulo de água, e uma grande extensão de áreas urbanas com deficiência no sistema de microdrenagem. Estes pontos possuem problemas que trazem riscos para a população, ao meio ambiente, além de prejuízos para a administração financeira (SOUZA, 2002).

- **Projetos e Ações:**

- 1- Elaborar e executar Projeto Executivo para rede pluvial na área central do Município, áreas com necessidade de implantação de sistemas e dispositivos de microdrenagem, levando em consideração as prioridades levantadas e apontadas pelo município.
- 2- Promover limpeza e remoção de detritos acumulados nas tubulações e canais de drenagem de águas pluviais que impedem o fluxo contínuo de águas e reduzem a área útil da rede (FCTH, 2012).

- **Metas:**

- 1- **Imediata – até 3 anos:** Promover a correção nos locais que apresentam insuficiência ou deficiência nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento.
- 2- **Médio prazo – 4 a 6 anos:** Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 50% das deficiências.
- 3- **Longo prazo – 7 a 20 anos:** Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 100% das deficiências.

- **Fundamento 3:** Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a jusante não aumente, assim os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga (TUCCI, 2002). Assim como fiscalizar a execução dos novos projetos de sistemas de drenagem pluvial em novos empreendimentos.

- **Projetos e Ações:**

- 1- Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos e privados realizem os projetos e controle das águas pluviais adequados, além da priorização de uso de calçadas ecológicas.
- 2- Fiscalização dos lotes urbanos para aferir os índices de permeabilidade do solo (CETESB, 1980).

- **Metas:**

- 1- **Imediata – até 3 anos:** Elaborar legislação que regulariza o controle das águas pluviais na fonte para novos empreendimentos.
- 2- **Médio prazo – 4 a 6 anos:** Fiscalização de 50% dos lotes e loteamentos através da planta de cadastro, para aferir os índices de permeabilidade e compatibilização de projetos.
- 3- **Longo prazo – 7 a 20 anos:** Fiscalização de 100% dos lotes e loteamentos através da planta de cadastro, para aferir os índices de permeabilidade e compatibilização de projetos.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas relacionados com enchentes e inundações no geral são eventos naturais e que sempre ocorreram, todavia, são intensificados pela ação humana. Devido à ocupação incorreta das cidades, sobretudo o uso indevido do solo podem estar relacionadas à forma de urbanização, ocorrida por falha no planejamento e administração do crescimento urbano (TUCCI, 2005).

Ao analisar o diagnóstico do município de Boa Esperança, pode-se dizer que os sistemas de drenagem existentes, são sistemas antigos e ineficientes, além disso, no município não possui parâmetros técnicos para o dimensionamento e fiscalização de projetos de sistemas de drenagem. Deste modo, este trabalho propõe-se ao município um manual técnico de drenagem urbana, com intuito de orientar no dimensionamento de projetos de drenagem de águas pluviais, facilitando o desenvolvimento e a fiscalização de novos empreendimentos.

Com base nas considerações realizadas, será apresentada a prefeitura municipal de Boa Esperança, um plano de metas, com intuito de adequar os sistemas de drenagem urbana existentes, com as condições necessárias para um bom funcionamento e controle dos sistemas de drenagem, este plano de metas, é de extrema importância para o município, pois reduzindo os impactos ao meio urbano, da ocorrência de chuvas intensas, e a adoção de novas exigências visam melhorar as condições de vidas da população e o desenvolvimento e crescimento do município.

REFERÊNCIAS

Assembleia Legislativa de São Paulo (2012). Pavimento permeável. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=285702>>. Acesso em 14 de junho de 2020.

ATLAS BRASIL 2013. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/ri/relatorios/mds/index.php>>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/boa%20esperan%C3%A7a_mg>. Acesso em: 22 de junho 2020.

AZEVEDO NETTO, Jose Martiniano et al. **Manual de hidraulica**. 8. ed. Sao Paulo: Edgard Blucher, 2003.

BIDONE, F; TUCCI, C. E. M., 1995 Microdrenagem, in Drenagem Urbana, capítulo 3, Editora da Universidade ABRH.

BIDONE, Francisco RA; TUCCI, Carlos EM. Microdrenagem. 1995.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAGA, Benedito; PORTO, Monica; TUCCI, Carlos EM. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**, v. 2, p. 635-649, 2006.

BRASIL. Constituição Federal de 1988, Lei nº 10.257 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO: Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília. 2014. 215p.

CARDOSO, Christiany Araujo et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CETESB–COMPANHIA, DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO. AMBIENTAL. Drenagem Urbana–Manual de Projeto. **São Paulo: CETESB/ASCETESB**, 1986.

COELHO, Gustavo de Almeida. Utilização de bacias de retenção de águas pluviais em planos diretores de macrodrenagem. 2010.

Crete. Piso permeável. Disponível em: <<https://www.crete.com.br/sustentabilidade-e-eficiencia-amplie-a-area-permeavel-com-o-piso-drenante/>>. Acesso em 17 de junho de 2020.

DE SALDANHA MATOS, José. Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. 2003.

Drenaltec. Passeio com faixas gramadas. Disponível em: <<https://www.drenaltec.com.br/piso-permeavel-concreto/>>. Acesso em 11 de junho de 2020.

EMBRAPA. Meio Ambiente, Construção Participativa de Indicadores de Sustentabilidade disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Ferraz_Young_Marques_Skorupa_construcaoID-8TiTlAx3nY.pdf>. Acesso: 07 de junho 2020.

Engenharia civil hoje(blogspot). Drenagem de águas Pluviais. Disponível em: <<http://engenhariacivilhoje.blogspot.com/2014/07/drenagem-de-aguas-pluviais.html>>. Acesso em 13 de junho de 2020.

HOGAN, Daniel Joseph. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. **Lua Nova: revista de cultura e política**, n. 31, p. 57-78, 1993.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: <idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 09 maio. 2020.

IHRH - Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos. 2007. Plano diretor de águas pluviais do Conselho da Maia. Disponível em: <http://www.ambiente.maiadigital.pt/ordenamento-do-territorio/pmots-on-line/outrosplanos/plano-director-de-aguas-pluviais/>. Acesso em: 04 Nov. 2020.

IMADA, Rafael Guerreiro et al. **Práticas de microdrenagem sustentáveis para redução do escoamento superficial urbano**. 2014. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades Brasileiras. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/boa-esperanca/historico>> Acesso em: 09 junho 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico do Brasil de 2010. Disponível em <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 de junho de 2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dados Básicos de Boa Esperança - MG. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=310710#e>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). História e Figuras – Boa Esperança (MG). Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/boa-esperanca/historico>>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

JACOBI, Pedro. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez**, p. 384-390, 1997.

LEI COMPLEMENTAR Nº 3265, DE 29 DE JULHO DE 2011. Institui o Código de Obras do município de Boa Esperança - MG. Prefeitura Municipal. Boa Esperança, 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/USER/Downloads/Leicomplementarn3625CodigodeObrasdoMunicípiodeBoaEsperanca.pdf>>. Acesso em: 21 de junho 2020

LEI Nº 4.751, DE 15 DE JUNHO DE 2018. Dispõe sobre parcelamento do solo urbano e controle da expansão urbana no município de Boa Esperança, revoga a Lei Municipal nº 4.126, de 29/05/2014, e dá outras providências. Prefeitura Municipal. Boa Esperança, 2018. Disponível em: <<file:///C:/Users/USER/Downloads/Lein4751ParcelamentoSoloUrbanoDeBoaEsperanca.pdf>> . Acesso em: 21 de junho de 2020.

MOURA, Priscilla Macedo. Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana. **Belo Horizonte-MG: UFMG**, 2004.

PLANO DIRETOR DE BOA ESPERANÇA. 2006. Lei Municipal nº 3173 de 21 de dezembro de 2006. Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento do município de Boa Esperança. Disponível em: <<http://www.boaesperanca.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/legislacoes-do-setor-de-engenharia-e-projetos/26978>>. Acesso em: 13 junho 2020.

PLANO DIRETOR DE BOA ESPERANÇA. 2006. Lei Municipal nº 3173 de 21 de dezembro de 2006. Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento do município de Boa Esperança. Disponível em: <<http://www.boaesperanca.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/legislacoes-do-setor-de-engenharia-e-projetos/26978>>. Acesso em: 21 de junho de 2020.

PLANO DIRETOR DE BOA ESPERANÇA. 2006. Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento do município de Boa Esperança. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)/GeoTechLAB./Fundação de Desenvolvimento de Pesquisas (FUNDEP). Belo Horizonte. 2019. NO PRELO.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

Porto, M. F. A. (1995). "Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas

PREFEITURA MUNICIPAL. Departamento de Engenharia e Projetos. Boa Esperança, MG, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL. Departamento de Licitação. Boa Esperança, MG, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL. PSF's: Saulo Neves, Santa Finochio, Bebela, Antônio Domingos, Hilda Nunes, Dr. Lucas, D. Marinha P. Neves, Rural. Boa Esperança, MG, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL. Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos. Boa Esperança, MG, 2020.

REBOITA, M.S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L.F.; ALVES, M.A. Aspectos Climáticos do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, Vol. 17, p. 206-226, 2015.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Hidrologia e recursos hídricos**. EESC/USP, 1998.

RIGHETTO, JULIAN MARGARIDO; MENDIONDO, EDUARDO MÁRIO. Avaliação de riscos hidrológicos: principais danos e causas e proposta de seguro contra enchentes. **III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, Goiânia**, 2004.

SILVEIRA, ALL da. Drenagem urbana: aspectos de gestão. **Apostila do curso de gestores regionais de recursos hídricos**, 2002.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica Resíduos Sólidos. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica Resíduos Sólidos. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

SLIDEdeplyer, Principais componentes de uma bacia hidrográfica Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/5596440/>>. Acesso em 15 de junho de 2020.

SOUZA, P. H.; SANCHES, R.G.; SANTOS, B.C.; Índices climáticos e chuvas intensas no município de Alfenas/MG no período de 1984-2016. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 14 – Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, p. 320-341, 2018.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial. 2002.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; BUENO, Rui Cesar Rodrigues. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. **Agua Latinoamérica**, v. 4, n. 4, p. 20-25, 2004.

TUCCI, Carlos EM et al. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

TUCCI, Carlos EM. Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas–Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília**, 2002.

TUCCI, Carlos EM. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, Carlos EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, Carlos EM; GENZ, Fernando. Controle do impacto da urbanização. **Drenagem Urbana**. Pgs, p. 277-345, 1995.

TUCCI, Carlos EM; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Gestão da água no Brasil. 2001.

TUCCI, Carlos EM; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Interações**, v. 1980, p. 90, 2003.

TUCCI, Carlos EM; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, Governo Federal, 2006. Segundo Martins (1975).

Urbana. Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 387-428.

urbanas". In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Barros, M. T. (Org.) *Drenagem*

URBONAS, Ben; STAHR, Peter. **Águas pluviais: melhores práticas de gestão e retenção para a qualidade da água, drenagem e gerenciamento de OSC**. 1993.

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos eBAPE. Br**, v. 2, n. 1, p. 01-14, 2004.

VILLAÇA, Flávio. Dilemas do plano diretor. **CEPAM. O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima–CEPAM, p. 237-247, 1999.

Villela, S. M. & Mattos, A. 1975, Hidrologia Aplicada,. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p.

Waterdropess. O ciclo Hidrológico. Disponível em:

<<http://waterdropess.blogspot.com/2016/03/o-ciclo-hidrologico.html>>. Acesso em 10 de junho de 2020.

**APÊNDICE A – MAPA DO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA – MG, ÁREAS DE
INUNDAÇÕES**