



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM TRADICIONAL E SISTEMA
COM UTILIZAÇÃO DE MICRORRESERVATÓRIOS: ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE ITABIRITO - MG

RAFAELA DE FREITAS REZENDE

Belo Horizonte

2018

RAFAELA DE FREITAS REZENDE

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM TRADICIONAL E SISTEMA
COM UTILIZAÇÃO DE MICRORRESERVATÓRIOS: ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE ITABIRITO - MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. André Luiz Marques Rocha

Belo Horizonte

2018

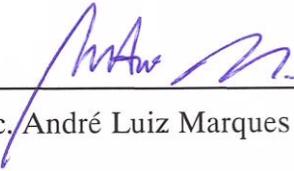
RAFAELA DE FREITAS REZENDE

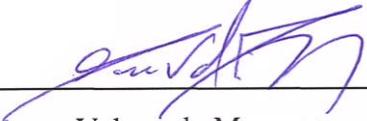
**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM TRADICIONAL E
SISTEMA COM UTILIZAÇÃO DE MICRORRESERVATÓRIOS: ESTUDO DE
CASO NO MUNICÍPIO DE ITABIRITO - MG**

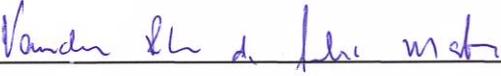
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Data da aprovação: 28/11/2018

Banca Examinadora:


Orientador: Prof. Msc. André Luiz Marques Rocha


Prof. Msc. Marcos Veloso de Menezes


Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva Matias

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus pela proteção e intuição concedidas durante toda essa jornada.

Agradeço aos meus pais, Hemerson e Rosângela, a minha irmã Bárbara e ao meu namorado Arthur, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, em todos os sentidos da minha vida.

Agradeço ao meu orientador, Prof. André Luiz Marques Rocha por toda paciência e dedicação ao longo deste projeto e também pela confiança depositada para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que durante esses cinco anos, me apoiaram e direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Aos meus professores, colegas de trabalhos e todos os outros que estiveram comigo nesse caminho, agradeço por fazerem parte do meu crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

REZENDE, Rafaela de Freitas Rezende, Estudo comparativo no dimensionamento de drenagem tradicional e medida sustentável compensatória. 2018. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

Com o processo de urbanização acelerado, tem-se um grande aumento na impermeabilização do solo, causando fortes alterações no escoamento superficial, e conseqüentemente, levando a problemas como enchentes e perdas econômicas e humanas. O método tradicional de drenagem urbana consiste no princípio de escoamento do volume excedente rapidamente para jusante, transferindo também o ponto de impacto. Por esse questionamento faz-se necessária a adoção de medidas alternativas para conter os danos provocados por essa urbanização desenfreada. Nesse sentido esse trabalho visou a comparação do método tradicional de drenagem pluvial e método compensatório com utilização de microrreservatórios, visando controlar o impacto na fonte geradora. Utilizando como local de estudo um condomínio do município de Itabirito - MG, o estudo contou com planejamento da rede de drenagem do local e os cálculos de dimensionamentos e custos das estruturas. Após conclusão dos estudos confirmou-se a premissa da importância da utilização de medidas compensatórias, com a diminuição das vazões máximas para a rede de drenagem pluvial e conseqüente problemas a jusante.

Palavras-Chave: Drenagem pluvial, Medida Compensatória, Microrreservatório, Urbanização.

ABSTRACT

REZENDE, Rafaela de Freitas Rezende, Comparative study on traditional drainage design and compensatory sustainable measure. 2018. 61f. Monograph (Graduate) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

With the accelerated urbanization process, there is a great increase in the waterproofing of the soil, causing strong changes in the surface runoff, and consequently, leading to problems such as floods and economic and human losses. The traditional method of urban drainage consists of the principle of flowing the surplus volume quickly downstream, also transferring the point of impact. Due to this questioning, it is necessary to adopt alternative measures to contain the damages caused by this unbridled urbanization. In this sense, this work aimed to compare the traditional method of drainage and compensatory method with the use of microreservoirs, in order to control the impact on the generating source. Using as a study site a condominium in the municipality of Itabirito - MG, the study counted on the planning of the site drainage network and the calculations of sizing and costs of the structures. After the conclusion of the studies, the premise was confirmed of the importance of the use of compensatory measures, with the reduction of the maximum flows for the drainage network and consequent problems downstream.

Key-words: Pluvial Drainage, Compensatory Measure, Microreservoir, Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Urbanização Desordenada	15
Figura 2 - Influência da impermeabilização no escoamento superficial da água.....	16
Figura 3 - Cenário Nacional em Técnicas Compensatórias	22
Figura 4 - Exemplo de telhado verde.....	25
Figura 5 - Exemplo de Pavimento Permeável	26
Figura 6 - Exemplo de Trincheira de Infiltração	27
Figura 7 - Exemplo esquemático de poço de infiltração	28
Figura 8 - Exemplo de montagem	29
Figura 9 - Exemplo bacia de detenção.....	30
Figura 10 - Modelo de instalação de microrreservatório de detenção dentro de lote residencial	31
Figura 11 - Microrreservatório superficial	32
Figura 12 - Localização da Área de Estudo.....	40
Figura 13 - Delimitação Área de Estudo	40
Figura 14 - Modelo de microrreservatório em um lote do condomínio estudado.....	51
Figura 15 – Vista microrreservatório e rede de drenagem pluvial.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de C por tipo de ocupação	43
Tabela 2 - Valores de C de acordo com a superfície de revestimento.....	44
Tabela 3 - Comparação de Extensões em diferentes diâmetros - Método Tradicional e Compensatório	53
Tabela 4 - Planilha de preços rede de drenagem tradicional.....	54
Tabela 5 - Planilha de preços rede com microrreservatórios.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais elementos da rede de microdrenagem.....	19
Quadro 2 - Técnicas Compensatórias e suas divisões	23
Quadro 3 - Vantagens e limitações associadas aos telhados verdes.....	25
Quadro 4 - Vantagens e limitações associadas aos pavimentos permeáveis.....	26
Quadro 5 - Vantagens e limitações associadas às trincheiras de infiltração e retenção.....	27
Quadro 6 - Vantagens e limitações associadas aos poços de infiltração.....	28
Quadro 7 - Vantagens e limitações associadas às valas.....	29

SUMÁRIO

1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Expansão Urbana e a Ocupação	14
3.2	Inundações Urbanas	16
3.3	Drenagem Urbana	17
3.3.1	O sistema de Drenagem Tradicional: um conceito higienista	18
3.3.1.1	Microdrenagem	19
3.3.1.2	Macrodrenagem	20
3.3.2	Medidas Sustentáveis de Drenagem Urbana	20
3.3.3	Técnicas Compensatórias	23
3.3.3.1	Técnicas Compensatórias Não estruturais	24
3.3.3.2	Medidas Compensatórias Estruturais	24
3.3.4	Microrreservatórios	30
3.3.4.1	Tipos de Microrreservatórios	32
3.4	Legislação na Drenagem Urbana	34
3.4.1	Legislação Federal	34
3.4.1.1	Lei nº. 6.766, de 1979	34
3.4.1.2	Lei nº 9433 de 1997	34
3.4.1.3	Lei nº 10.257 de 2001	35
3.4.1.4	Lei nº 11.445 de 2007	35
3.4.2	Legislação Estadual	36
3.4.2.1	Lei nº 13.199 de 1999	36
3.4.2.2	Decreto nº 44.646 de 2007	36
3.4.3	Legislação Municipal	36
3.4.3.1	Lei nº 2460 de 2005	36
3.4.3.2	Lei nº 2997 de 2014	37
3.5	Análise de Viabilidade de Técnicas de Drenagem	37
3.5.1	Aspectos Físicos	38

3.5.2	Aspectos Urbanísticos e de infra-estrutura	38
3.5.3	Aspectos sanitários e ambientais	38
3.5.4	Aspectos sócio- econômicos	38
4	METODOLOGIA	40
4.1	Diagnóstico da Área de Estudo	40
4.2	Dimensionamento da Rede de Drenagem	42
4.2.1	Parâmetros Hidrológicos	43
4.2.2	Parâmetros Hidráulicos	45
4.2.3	Critérios para Elaboração de Projeto	47
4.3	Dimensionamento Microrreservatório	47
4.4	Comparação dos dimensionamentos	48
5	RESULTADOS	49
5.1	Parâmetros Iniciais de Projeto	49
5.2	Determinação Projeto Rede Tradicional	49
5.2.1	Galerias	50
5.2.2	Boca de Lobo	50
5.3	Dimensionamento do Microrreservatórios	51
5.3.1	Rede de Drenagem com utilização dos microrreservatórios	53
5.4	Comparação entre os dimensionamentos	53
6	CONCLUSÃO	58
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	APÊNDICE A – Delimitação de Áreas de Contribuição	63
	APÊNDICE B – Traçado Drenagem Pluvial Área de Estudo	64
	APÊNDICE C – Tabela de Dimensionamento Rede Tradicional	65
	APÊNDICE D – Tabela de Dimensionamento com Microrreservatórios	66
	ANEXO A – Tabela de Relações para Fator Hidráulico de seções circulares	67

1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

O crescimento da população nas cidades brasileiras de porte médio tem sido constante e dessa forma, a demanda por um bom planejamento urbano é eminente. A falta de controle desse espaço urbano marca o efeito sobre a infraestrutura, e toda a população está exposta aos riscos devido a ocupação inadequada do solo. Muitas vezes esta situação leva a consequências negativas, podendo causar impactos irreversíveis a população e também aos recursos naturais.

Para Righetto et al. (2009), todo o processo das cidades é dependente de muitos fatores com diferentes importâncias, e suas ações são por parte do poder público e também da sociedade, que juntos permitem uma constante melhoria da qualidade de vida. Busca-se diminuir as situações negativas e as graves repercussões que podem gerar no espaço urbano.

Dentre os impactos do processo de urbanização e falta de planejamento, tem-se os problemas relacionados a drenagem de águas pluviais no meio urbano. A constante impermeabilização do solo em decorrência dos processos de ocupação são focos dessa situação agravada. Sem normas para regulamentar a ocupação, há mudanças na cobertura vegetal, resultante de implantação de calçadas, edifícios, ruas pavimentadas e a própria população urbana presente.

Para Canholi (2014) as soluções adotadas para os problemas possuem caráter localizado. As obras realizadas em áreas afetadas ou áreas específicas reduzem os prejuízos daquele local, porém, pela transferência de vazões os problemas agravam-se para jusante. Classifica-se ainda a drenagem urbana como questão de “alocação de espaços”.

Focados em ideias higienistas, as soluções tradicionais de drenagem de águas pluviais estão voltadas para a canalização do escoamento. Visam conduzir a água rapidamente para o corpo receptor e assim para fora da cidade. Porém, o processo de urbanização acelerado evidenciou as limitações desses usos de sistemas de drenagem pluviais tradicionais. Mostraram-se como soluções não sustentáveis e que atuam apenas no sentido de transferir a cheia para jusante sem a solução definitiva para os problemas que atingem as áreas urbanas (SILVA,2006).

Ainda assim, para Silva (2006) há a problemática dos custos elevados com canalizações, que em algumas situações são inviáveis devido as condições econômicas de um determinado município. Por esses motivos, estudos indicam utilizações de nova abordagem em relação ao gerenciamento da água pluvial na área urbana.

Seguindo essa premissa, essa nova abordagem focou nas soluções alternativas, opondo-se aos conceitos tradicionais de drenagem e evacuação rápida, compensando os impactos da

urbanização sobre o escoamento superficial, amortecendo as cheias. Dessa forma, visa recuperar as condições de pré-urbanização, e são conhecidas por medidas compensatórias (SILVA,2006).

Segundo Baptista et al. (2005), tecnologias alternativas são alternativas em relação às soluções clássicas que leva em conta os impactos da urbanização de forma global, tomando a bacia hidrográfica como base de estudo. Assim, procura-se compensar a urbanização, evitando a transferência rápida da água para jusante. Deste modo, as técnicas alternativas ou compensatórias são um conjunto de técnicas e dispositivos que podem atuar separadamente ou em conjunto.

Sendo assim, assume-se a necessidade de comparar e avaliar as técnicas compensatórias para melhor entendimento de seus parâmetros e particularidades. Frente a demanda atual relativa às questões de sustentabilidade, a utilização e implementação de novas proposições são aliadas para a promoção do processo de desenvolvimento urbano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse estudo é apresentar um estudo comparativo entre um sistema tradicional de drenagem e sistema com foco ambiental, abordando aspectos econômicos e ambientais dos mesmos.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar as diferenças conceituais dos tipos de métodos de drenagem;
- Dimensionar a rede de drenagem pluvial da área de estudo utilizando o método tradicional (higienista) e o método dotado de técnicas compensatórias com utilização de micro reservatórios em lotes urbanos;
 - Comparar os dimensionamentos utilizados por meio de análises funcionais dos sistemas estudados especificando vantagens e desvantagens de ambos;
 - Comparar economicamente os dois métodos, a partir dos dimensionamentos calculados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Expansão Urbana e a Ocupação

Na segunda metade do século XX, a urbanização no Brasil se intensificou muito, sendo que o período de 1950 a 2010 a porcentagem da população vivendo em cidades mais do que dobrou (DRUMOND, 2012). Mesmo sendo considerado sinônimo de prosperidade, o crescimento de áreas urbanas é normalmente aliado a impactos ao meio ambiente e, na grande maioria das vezes, as pressões negativas exercidas no meio refletem sobre a população (VILLANUEVA *et al.*, 2011).

Para o Ministério das Cidades (BRASIL, 2005) os principais problemas ambientais relacionados a ocupação do solo e urbanização são:

- a) Expansão irregular ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades;
- b) População de baixa renda tende a ocupar áreas de risco de encostas e áreas de inundações ribeirinhas devido à falta de planejamento e fiscalização;
- c) Aumento da densidade habitacional, com conseqüente aumento de demanda de água e do aumento da carga de poluentes sem tratamento lançados nos rios próximos às cidades;
- d) Acelerada impermeabilização, rios urbanos canalizados ou desaparecem debaixo das avenidas de fundo de vale e outras, produzindo inundações em diferentes locais da drenagem.

Segundo Tucci (2012), o crescimento urbano no Brasil tem ocorrido principalmente em regiões metropolitanas e em cidades que são pólos regionais, de forma irregular e com pouco planejamento, apesar da existência dos Planos Diretores Urbanos obrigatórios.

Na Figura 1 são apresentados os impactos gerados por uma ocupação desordenada no ambiente urbano, segundo Tucci (2012).

Figura 1 - Urbanização desordenada.

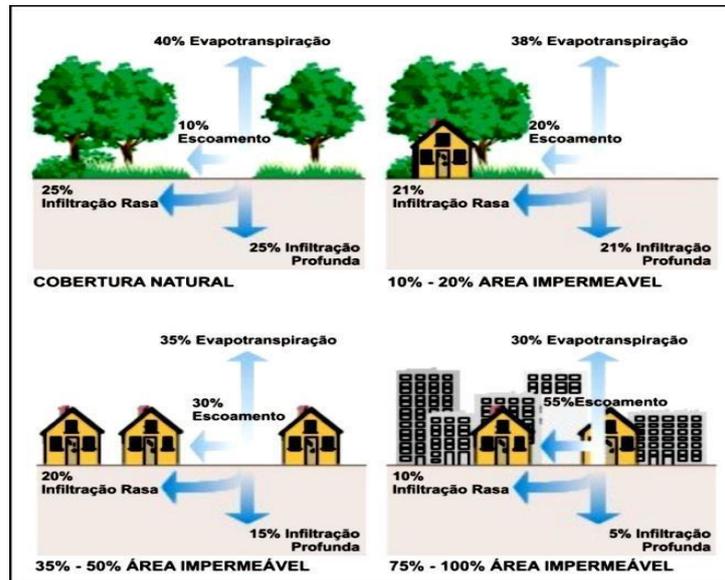
Fonte: adaptado de TUCCI, 2012.

Dessa maneira, observa-se que as principais consequências da urbanização desordenada e assim impermeabilização do solo são: redução da infiltração das águas pluviais, aumento e aceleração do escoamento superficial e aumento das vazões máximas.

O escoamento superficial é um dos mecanismos mais importantes do ciclo hidrológico, sendo este diretamente relacionado ao tipo de cobertura do solo. Segundo Tucci (2012), a impermeabilização de 7% da área de lotes já acarreta a duplicação do escoamento superficial e que casos mais extremos, como a impermeabilização de 80% do lote, geram um volume de escoamento superficial oito vezes maior.

Na Figura 2 observa-se um esquema de balanço hídrico de uma área urbana, em que a principal entrada da água do sistema é a precipitação. O excesso de precipitação não captada pela infiltração ou o armazenamento se encaminha na forma de escoamento superficial.

Figura 2 – Influência da impermeabilização no escoamento superficial da água.



Fonte: Adaptado de Prince George's County (1999), por Tavanti (2009).

Ligada diretamente a urbanização, o escoamento superficial, causado pela impermeabilização do solo urbano, presente nas vias pavimentadas, nos estacionamentos e em telhados, aumenta o volume de água escoado como mostrado na Figura 2. Dessa maneira, aumenta as vazões de pico e reduz o tempo de concentração da bacia, aumentando a frequência e magnitude das inundações. Questões relacionadas as inundações e aspectos para diminuição de impactos causados serão abordados a seguir.

3.2 Inundações Urbanas

Segundo Tucci (2012) a inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos e galerias pluviais saem do seu leito menor, a seção de escoamento, e escoam através do leito menor que foi ocupado pela população, pela moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comercial e indústria. Isto ocorre quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, assim parte da água escoam para o sistema de drenagem, superando a capacidade do leito menor. Todo este processo é natural, devido a variabilidade climática de curto, médio e longo prazo.

Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade deste século XX, as áreas de risco considerável, como as várzeas inundáveis, foram

ocupadas, trazendo como consequência prejuízos humanos e materiais de grande monta devido as inundações subsequentes. Os prejuízos ocorrem devido à falta de planejamento do espaço e o conhecimento do risco das áreas de inundações. Nos períodos de pequena inundação existe a tendência de ocupar as áreas de risco e quando ocorrem as maiores inundações os prejuízos são significativos.

Com a urbanização, o caminho percorrido pela água é determinado pelo traçado das ruas. Assim, a vazão escoar e atinge o fundo do vale, onde o caminho da água é topograficamente bem definido. Para Neto (2010) o escoamento no fundo do vale é o que determina o sistema de macrodrenagem, enquanto que o sistema que capta a água e a conduz até o sistema de macrodrenagem é denominado sistema de microdrenagem.

Dessa forma, os processos que resultam em inundações em áreas urbanas são: *Inundações em Áreas Ribeirinhas*, que ocorre devido à ocupação indevida do leito maior do rio pela população, ficando sujeita às enchentes e o segundo processo, *devido à urbanização*, resultado da impermeabilização excessiva do solo, o que aumenta a magnitude e a frequência das cheias. A urbanização pode ainda ser responsável por produzir obstruções ao escoamento, como, por exemplo, através da construção de aterros, pontes, drenagem inadequada, ou ainda em função de entupimentos de condutos e assoreamentos (PMPA/IPH, 2005).

O processo de inundações, que ocorre pela impermeabilização do solo através de telhados, de ruas, entre outros, é o de maior interesse para esse estudo. Nesse caso, a água que antes infiltrava no solo e percolava até o corpo hídrico receptor ou recarregava o lençol freático, não infiltra mais. Ainda, aquele escoamento superficial lento, que ficava retido pelas plantas, passa a escoar através de canais artificiais, condutos, sarjetas, entre outros.

Para Villanueva (2011) o Brasil ainda apresenta uma condicionante para resolução dos problemas relacionados e áreas totalmente ou parcialmente urbanizadas, seja por questões físicas (por não ter espaço disponível para armazenamento ou infiltração de água), legais (o direito legal que impede a modificação do local) ou sociais (quando a população, muitas vezes por desconhecimento, é contra as propostas). Um tópico muito importante sobre as questões das inundações é a drenagem urbana, que será abordado a seguir.

3.3 Drenagem Urbana

Para Neto (2010), a drenagem urbana é mais do que uma questão técnica de engenharia. Envolve ainda a colaboração e conscientização da população, a qual sofrerá fortes

consequências na falta de um sistema de drenagem bem elaborado, envolvendo outras áreas, tais como arquitetura, planejamento, entre outros.

Segundo Tucci (2012), drenagem urbana é o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Dessa maneira, para o autor, é necessário associar as soluções aos fatores:

- Política para definição correta de objetivos e os meios legais, institucionais, técnicos e financeiros;
- Política para ocupação do solo urbano devidamente articulada com a política de drenagem urbana;
- Processo de planejamento que contemple medidas de curto, médio e longo prazo em toda a bacia, e a integração das medidas de águas pluviais;
- Domínio da tecnologia adequada para planejamento, projeto, construção e operação das obras.

3.3.1 O sistema de Drenagem Tradicional: um conceito higienista

Com o processo de urbanização e o avanço do conhecimento na área da saúde, no século XIX, mostrou-se claro o papel sanitário das águas pluviais como transmissor de doenças. Dessa forma, emergiu-se o conceito higienista de drenagem. Nele, previa-se a rápida evacuação das águas pluviais através de áreas impermeabilizadas e sistemas de condutos artificiais. O sistema higienista é a base para os sistemas clássicos de drenagem urbana, e ainda possuem larga escala de uso no Brasil.

Os serviços de saneamento básico englobam os sistemas de abastecimento de água, de esgotos sanitários, de drenagem de águas pluviais e o de coleta de lixo. Porém, segundo Souza (2012), o sistema de drenagem possui duas particularidades importantes:

- Existindo ou não um sistema de drenagem adequado, o escoamento ocorre. Dessa forma, o mau funcionamento do sistema faz com que águas da chuva se acumulem ou escoem pelas superfícies urbanas, ocasionando os alagamentos e enxurradas;
- A solicitação do sistema de drenagem só se dá durante e após a ocorrência de um evento chuvoso e a intensidade da solicitação também é dependente da intensidade e duração da chuva.

Os sistemas tradicionais de drenagem urbana são divididos de acordo com suas dimensões e funções principais, em microdrenagem e macrodrenagem.

3.3.1.1 Microdrenagem

A rede de microdrenagem, é composta pelo sistema de condutos e canais nos loteamentos ou na rede primária urbana associada ao sistema viário. Nesse caso, são projetados para transportar as águas até seu deságue ou até os sistemas de macrodrenagem (BAPTISTA et al, 2005). Assim, seus principais componentes estão representados no Quadro 1.

Quadro 1- Principais elementos da rede de microdrenagem

Terminologia	Descrição
Galeria	Tubulações utilizadas para a condução das águas pluviais.
Poços de visita	Dispositivos localizados em pontos estratégicos para permitirem a inspeção e limpeza. Estes dispositivos devem ser posicionados, em média a cada 100 m, ao longo do sistema, para facilitar a inspeção e limpeza, ou em pontos onde ocorre mudança de direção, declividade e/ou diâmetro das galerias.
Bocas-de-lobo	Dispositivos localizados nas sarjetas, em pontos estrategicamente localizados para a captação de águas pluviais.
Condutos de ligação	Canalizações que conduzem as águas pluviais captadas nas bocas- de-lobo para as caixas de ligação ou poços de visita a jusante.
Caixas de ligação ou de passagem	Caixas de concreto ou alvenaria, sem tampão externo ou visitável ao nível da rua.
Sarjetas	Canais situados junto ao meio-fio e ao longo da via, que recebem as águas do escoamento superficial e as conduz para os locais de captação (bocas-de-lobo).
Estruturas de dissipação de energia hidráulica	Devem ser utilizadas nas saídas das galerias em cursos d'água para evitar a erosão causada pela concentração do escoamento pluvial.
Condutos forçados	Elementos que conduzem as águas pluviais sob pressão superior da atmosférica.
Estações de bombeamento	Equipamentos utilizados para conduzir as águas pluviais em locais onde o escoamento por gravidade não é possível.
Meios-fios	Estruturas dispostas entre o passeio e a via de rodagem, paralelas ao eixo da rua e cuja face superior posiciona-se no mesmo nível do passeio.

Fonte: Adaptado de Bidone e Tucci, 1995.

Quando é realizado um correto dimensionamento da rede de microdrenagem e sua manutenção, toda a população fica exposta a menor riscos, e inconveniências como ocorrências de alagamentos e enxurradas.

3.3.1.2 *Macro drenagem*

Como o sistema de microdrenagem, a manutenção do sistema de macrodrenagem é de extrema importância para manter o funcionamento adequado das estruturas que compõe este sistema, evitando os riscos de inundação e os riscos inerentes à poluição hídrica. Os sistemas de macrodrenagem são constituídos de canais abertos ou de condutos enterrados de porte significativo (galerias). Em alguns casos podem ainda ser instalados dispositivos complementares, como bueiros, dissipadores de energia e estações elevatórias de águas pluviais (BAPTISTA *et al*, 2005).

No Brasil, a gestão dos diversos sistemas ainda é tratada de forma desvinculada e, na maioria dos casos, o município atua de forma pontual, seja por questões orçamentárias ou por questões políticas. Assim, o sistema clássico de drenagem tem se mostrado insuficiente e ineficiente, não só quanto à questão de controle de enchentes no meio urbano, mas também quanto à qualidade da água, qualidade de vida da população e a sustentabilidade ambiental, sendo necessário adoção de medidas mais sustentáveis, como explicado a seguir.

3.3.2 Medidas Sustentáveis de Drenagem Urbana

Nos sistemas de drenagem tradicionais, a água é captada e drenada de forma mais rápida possível para jusante. Parecia-se o melhor dos conceitos, visto que afasta de perto o problema. Porém, isso gera impactos ambientais graves na região dos corpos receptores, e acaba sendo apenas uma transferência do problema e o impacto é sentido por todos.

Dessa forma, a origem de novas técnicas visa evitar esse tipo de problema. Buscam em sua maioria o controle na fonte, tomando como base a importância da infiltração da água no solo, e o seu armazenamento na fonte geradora do escoamento.

Assim, os conceitos de “BMP”, sigla em inglês de “*Best Management Practices*” (Melhores Práticas de Gerenciamento) foram um dos primeiros a serem introduzidos. Para Ribeiro (2014), os Estados Unidos possuem muito conhecimento sobre o tema, por ser o país pioneiro e também pela sua organização e cobrança aos estados que possuem suas próprias

agências de controle ambiental. E dessa maneira, o Canadá segue no mesmo sentido, utilizando-se das normas dos Estados Unidos, mas possuindo sua organização própria.

Além do conceito BMP, os norte-americanos, através da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), também idealizaram o conceito por eles chamado de LID – *Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto). O enfoque deste conceito é que qualquer área a ser desenvolvida deverá ser hidrologicamente funcional, de forma a se obter as condições pré- desenvolvimento. A ideia principal é intervir o mais próximo possível da fonte.

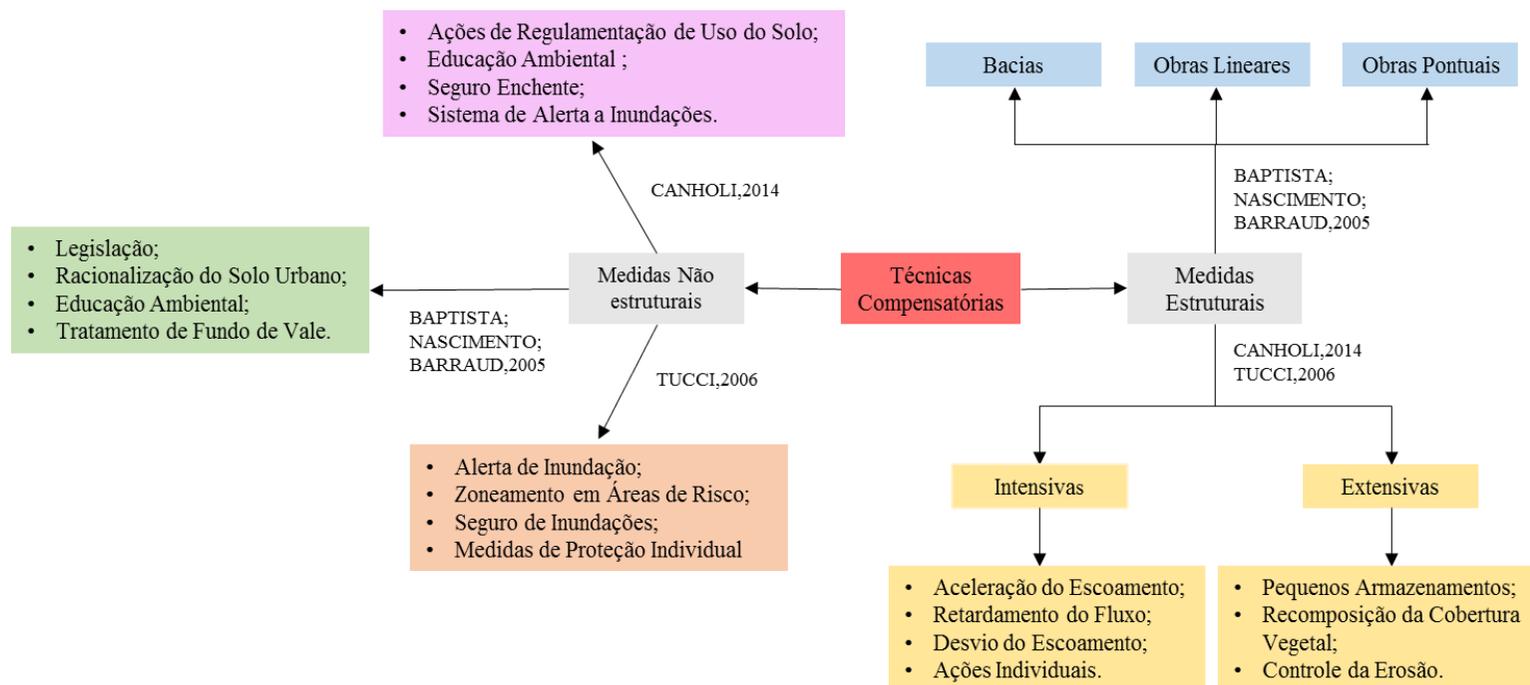
Já na Europa, o consultor ambiental Brian D’Arcy no Reino Unido, escreveu as primeiras normas e requisitos que se fundiram na criação do conceito SUDS - *Sustainable Urban Drainage System* (Sistema Sustentável de Drenagem Urbana) no Reino Unido. Mesmo sendo diferentes em conceito, BMP E SUDS, possuem técnicas praticamente idênticas, com sequência lógica de operações e atividades pela preocupação de controle na fonte, seguido pelo transporte do volume excedente para um pré tratamento, depois seguido do tratamento (Ribeiro,2014).

Na Austrália, há o termo WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) para designer o novo pensamento. O termo “*Water Sensitive*” também já utilizado nos Estados Unidos e traz a ideia da preocupação com a água durante todo o ciclo, razão pela qual a tradução proposta “Sensível às Águas”.

No Brasil, com constantes problemas de inundações, principalmente em regiões metropolitanas fez-se necessário também essa preocupação com adoção de novos pensamentos e técnicas. Dessa forma, há o envolvimento do meio acadêmico com a questão de soluções de drenagem para abatimento das ondas de cheia, em geral, sendo este tão somente o foco dos projetos (Ribeiro,2014).

Na Figura 3 são apresentadas as principais divisões propostas por alguns especialistas nacionais sobre o assunto.

Figura 3 – Cenário Nacional em Técnicas Compensatórias.



Fonte: adaptado de Ribeiro,2014.

Esses conceitos no Brasil foram abordados como Medidas Não Convencionais (CANHOLI, 2005) e Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana (BAPTISTA *et al*, 2005) tratando-se dos conceitos conhecidos como BMP's. Nesse trabalho será utilizado o termo “técnicas compensatórias” para referir-se ao assunto.

3.3.3 Técnicas Compensatórias

Segundo Tavanti (2009), as técnicas compensatórias permitem a modulação do sistema em função do crescimento urbano, além do tratamento combinado com o sistema de drenagem clássica e com as questões urbanísticas e paisagísticas. Assim, elas minimizam os custos da drenagem clássica, reduzindo dimensões de tubulações e, conseqüentemente, reduzindo o tempo e a vazão de pico (TAVANTI, 2009).

Baptista *et al* (2005), divide as técnicas compensatórias em dois grupos: não estruturais e estruturais, conforme o Quadro 2, a seguir.

Quadro 2- Técnicas Compensatórias e suas divisões

Técnicas Compensatórias não estruturais	Recuperação de matas ciliares
	Desconexão de áreas impermeáveis
	Regulamentações
Técnicas Compensatórias estruturais	Telhado Verde
	Microrreservatório
	Poço de infiltração
	Trincheira de Infiltração
	Vala de Detenção
	Vala de Infiltração
	Bacia de Detenção
Bacia de Infiltração	

Fonte: Adaptado, Baptista et al (2005).

3.3.3.1 *Técnicas Compensatórias Não estruturais*

Segundo Tucci (2012), as medidas não estruturais são preventivas, como por exemplo:

- Previsão e alerta de inundação;
- Zoneamento das áreas de risco de inundação;
- Seguro e proteção individual contra inundação.

Porém, é necessário ainda a adoção de ações e políticas para promover a conscientização de planejadores e sociedade, afim de mudar o cenário consolidado de urbanização. Para Baptista *et al* (2009), as medidas não estruturais estão relacionadas também a:

- Regulação do uso do solo;
- Recuperação de matas ciliares – parques lineares;
- Não conexão ou desconexão de áreas impermeáveis;
- Uso de revestimento de elevadas rugosidades em vias e canais;

Os sistemas de operação e manutenção das obras estruturais de drenagem também são aspectos de grande importância nas medidas não estruturais. Deve haver a gestão integrada, aliando a verificação e avaliação da eficiência, e os instrumentos para manutenção, etc. Assim, as medidas não estruturais podem ser definidas como um conjunto de atividades, como:

- Ações preventivas para locais de risco;
- Planejamento urbano integrado;
- Gestão integrada das três esferas públicas nas questões relativas às águas urbanas (potável, servidas e pluvial);
- Legislação adequada, principalmente sobre o uso e ocupação do solo e as águas;
- Manutenção dos sistemas estruturais de drenagem urbana;
- Políticas públicas para conscientizar a população;
- Fiscalização para efetivar o cumprimento à legislação;
- Capacitação de profissionais da área;

3.3.3.2 *Medidas Compensatórias Estruturais*

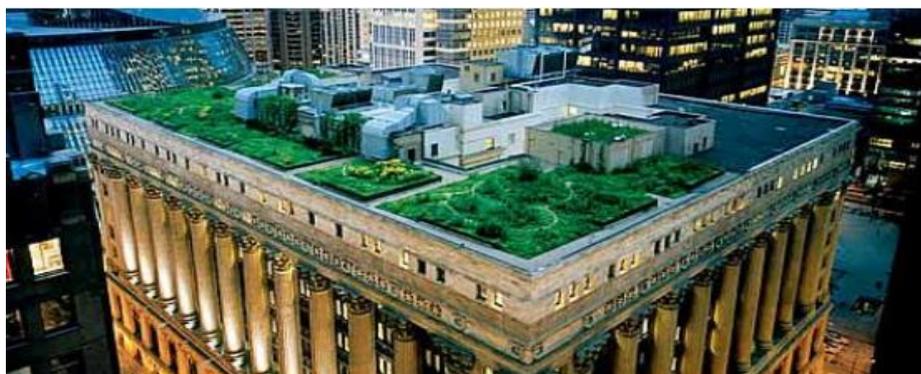
As medidas compensatórias estruturais são as obras de engenharia construídas para minimizar ou compensar o aumento do escoamento superficial, devido a urbanização e impermeabilização do solo. De acordo com Tucci (20) estas medidas tendem a reduzir e retardar

os picos de enchente e controlar a erosão da bacia, reproduzindo condições de hidrograma natural. A seguir, apresentações das principais medidas são mostradas.

Telhado Verde:

Essa técnica consiste na utilização de vegetação rasteira (grama) pré- cultivada nos telhados de edificações. Dessa forma, além de causar grande aumento de escoamento, oferecem ainda melhora na eficiência energética e na qualidade do ar, reduzindo a temperatura e o ruído do ambiente. Abaixo, representado pela figura 4, um exemplo de telhado verde.

Figura 4 - Exemplo de telhado verde.



Fonte: <http://viajeaqui.abril.com.br/national-geographic> (2009).

Assim, no quadro 3 dentre suas vantagens e limitações tem-se:

Quadro 3- Vantagens e limitações associadas aos telhados verdes

Vantagens	Limitações
Detenção temporária das águas	Dificuldade quanto à implantação em telhados já existentes
Redução dos volumes do escoamento superficial pela evapotranspiração.	Dificuldade de utilização em telhados de elevada declividade.
Proteção térmica para as edificações	Falta de incentivos do governo
Integração com projetos paisagísticos	O volume armazenado é limitado pela área do telhado.

Fonte: Produzido pela autora

Pavimento Permeável:

São pavimentos que contém espaços vazios na sua estrutura. Dessa forma, a água pode infiltrar. A sua primeira camada consiste em um revestimento de blocos vazados e em seguida há uma base onde ficam os drenos. A água escoada fica armazenada na estrutura do pavimento até escoar, sendo um tipo de reserva para retardar o escoamento, como exemplo na figura 5.

Figura 5– Exemplo de pavimento permeável.



Fonte: ABESC, 2013.

Dentre suas vantagens e limitações, tem-se apresentado no Quadro 4:

Quadro 4- Vantagens e limitações associadas aos pavimentos permeáveis

Vantagens	Limitações
Detenção temporária das águas	Possibilidade de colmatção
Possibilidade de recarregar águas subterrâneas	Necessidade de mão de obra especializada
Não requerem espaços específicos para implantação	Necessidade de manutenção
Possibilidade de redução dos sistemas de drenagem tradicional	Se houver colmatção, o custo pode ser elevado

Fonte: Elaborado pela autora.

Trincheira de Infiltração:

São técnicas que possuem a finalidade de recolher as águas pluviais de afluência perpendicular ao seu comprimento, favorecendo a infiltração e/ou o armazenamento temporário, como exemplo da figura 6 a seguir.

Figura 6 - Exemplo de trincheira de infiltração.



Fonte: HIRATA, 2011.

Suas vantagens e desvantagens são descritas a seguir no Quadro 5:

Quadro 5- Vantagens e limitações associadas às trincheiras de infiltração e detenção

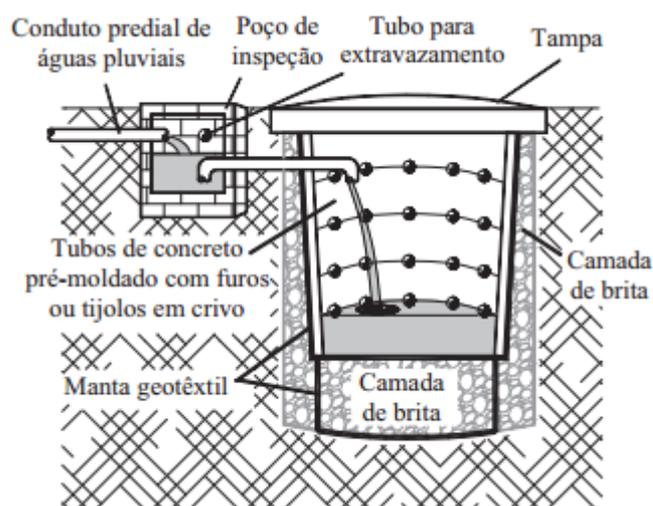
Vantagens	Limitações
A infiltração possibilita uma redução do volume de escoamento superficial, aliviando o sistema de drenagem a jusante.	Possibilidade de colmatção
Valorização do espaço urbano, destacando-se a pequena demanda por espaço desse tipo de estrutura.	Risco de contaminação das águas subterrâneas no caso de trincheiras de infiltração
Possibilidade de redução dos sistemas de drenagem tradicional	Restrições de eficiência em áreas com altas declividades.

Fonte: Elaborado pela autora.

Poços de Infiltração:

Segundo Baptista *et al* (2005), poços de infiltração são dispositivos pontuais com pequena ocupação superficial, concebidos para evacuar as águas pluviais diretamente no subsolo, por infiltração. O armazenamento temporário das águas se faz em um poço vazio ou um poço com material poroso, como mostrado no esquema da figura 7 abaixo.

Figura 7 - Exemplo esquemático de poço de infiltração.



Fonte: Peixoto, 2011.

Dessa forma, o Quadro 6 mostra suas vantagens e limitações.

Quadro 6- Vantagens e limitações associadas aos poços de infiltração

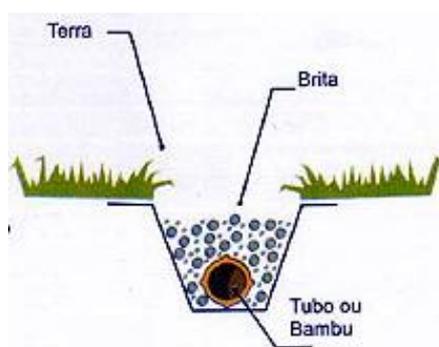
Vantagens	Limitações
Integração com o meio ambiente urbano, pois ocupa pequenos espaços e é bastante discreto.	Diminuição da eficiência em áreas com altas declividades
Boa utilização no caso de solos superficiais pouco permeáveis e camadas profundas com grande capacidade de infiltração.	Necessidade de manutenção periódica para o controle da colmatção.
Possibilidade de recarga do lençol freático e melhoria da qualidade da água	Baixa capacidade de armazenamento.

Fonte: Elaborado pela autora.

Vala de Infiltração e vala de Detenção:

Segundo Baptista *et al* (2005), valas de infiltração e detenção são técnicas compensatórias construídas por simples depressões escavadas no solo com o objetivo de recolher as águas pluviais e efetuar o seu armazenamento temporário e, eventualmente, favorecer sua infiltração. Todos os dois tipos, detenção e infiltração, possuem função de armazenamento temporário das águas. Caso incorporem também a função de promover a infiltração, estas estruturas são classificadas como valas de infiltração. A seguir, na figura 8, um exemplo de montagem de vala de infiltração.

Figura 8 - Exemplo de montagem.



Fonte: A.d, 2017.

Pode-se assim elencar as vantagens e limitações como mostrado a seguir no Quadro 7.

Quadro 7- Vantagens e limitações associadas às valas

Vantagens	Limitações
Baixos custos de projeto e construção.	Restrições de eficiência em áreas com declividades acentuadas, a declividade máxima deve ser de até 2%.
Valorização do espaço urbano contribuindo para o aumento de áreas verdes.	Necessidade de espaço para implantação.
Melhoria da qualidade das águas pluviais e possibilidade de recarga do aquífero.	Possibilidade de estagnação das águas e proliferação de vetores e mau cheiro.

Fonte: Elaborado pela autora.

Bacia de Detenção e bacia de infiltração:

Para Baptista *et al* (2005), bacias de retenção e infiltração são estruturas de acumulação temporária e/ou de infiltração de águas pluviais utilizadas para atender a três funções primordiais:

- Amortecimento de cheias geradas em contexto urbano como forma de controle para inundações;
- Redução do volume de escoamento superficial, nos casos de bacias de infiltração;
- Redução da poluição difusa oriunda de chuvas.

Assim, contribuem para a redução dos impactos da urbanização. Se incorporarem também a função de promover a infiltração, estas estruturas são classificadas como bacias de infiltração. Na figura 9, um exemplo de bacia de retenção.

Figura 9 - Exemplo bacia de retenção.



Fonte: <http://solucoeparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/>

Microrreservatórios:

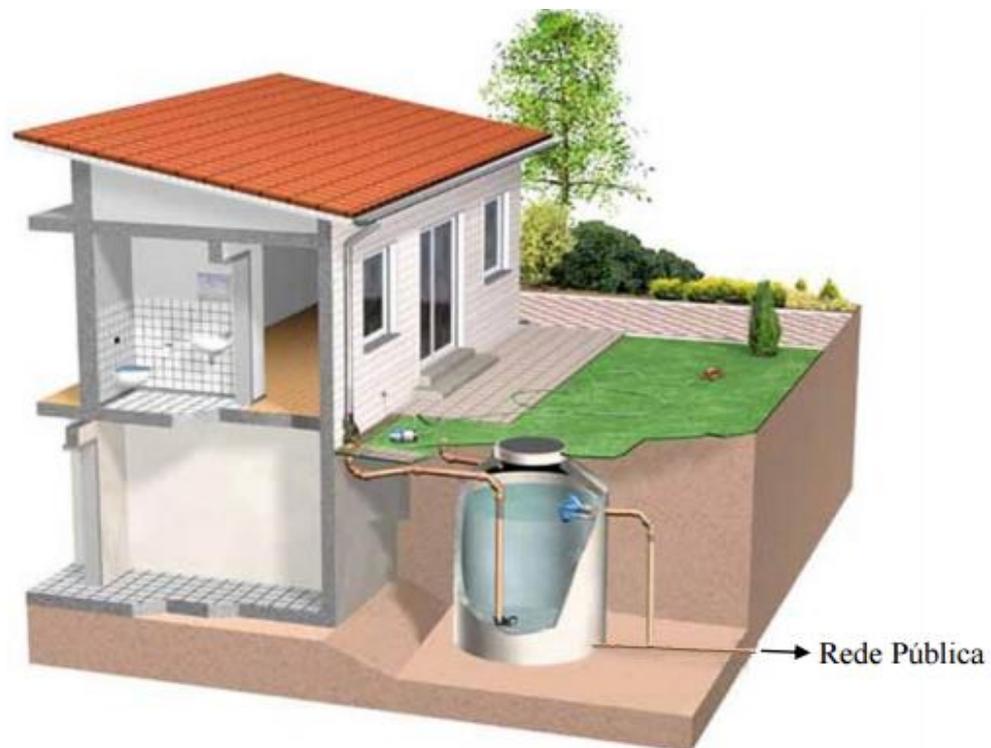
São dispositivos de controle na fonte, que serão melhor abordados no item a seguir, sendo este objeto principal do estudo.

3.3.4 Microrreservatórios

Microrreservatórios são dispositivos de controle na fonte de águas pluviais desenvolvidos para compensar a perda da capacidade de armazenamento de terrenos com solos impermeabilizados. Dessa forma, sua função é reservar temporariamente as precipitações, retardar a velocidade do escoamento superficial e proporcionar o amortecimento de picos de cheias, de maneira que a vazão máxima de saída após a impermeabilização seja próxima a das condições naturais.

As instalações nas residências com esses dispositivos funcionam com o encaminhamento das águas precipitadas dos telhados e dos pavimentos impermeáveis ao microrreservatório. Assim, a água é direcionada uma tubulação de saída, que pode estar conectada ou não à rede pública de drenagem urbana e deve possuir seção inferior à de entrada, de maneira a restringir a vazão de saída do escoamento. A vazão de chegando, quando superior à de saída, faz com que a água seja armazenada, retardando e diminuindo o pico do hidrograma de saída (DRUMOND,2012). No modelo da Figura 10 é representado a instalação de um microrreservatório.

Figura 10 - Modelo de instalação de microrreservatório de retenção dentro de lote residencial.



Fonte: Drumond, 2012.

Segundo Cabral et al. (2009), microrreservatórios em determinados pontos da rede de drenagem pluvial pode corrigir problemas de insuficiência do sistema, preservando a utilização da rede já existente.

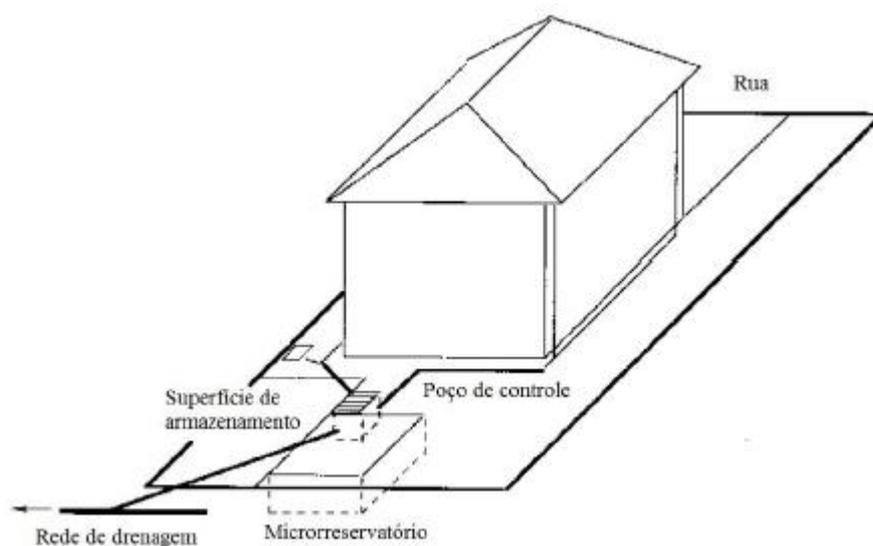
Para Cruz et al. (1998) o controle no nível do lote permite a redução de apenas parte dos impactos devido à urbanização. Porém, a redução da vazão máxima de saída dos lotes pode proporcionar economia na rede pública de drenagem de uma forma geral.

A localização dos microrreservatórios ficam a critério dos projetistas, podendo ser enterrados ou acima do nível do solo. A seguir são apresentados tipos de microrreservatórios.

3.3.4.1 Tipos de Microrreservatórios

Diferentes configurações do sistema de drenagem com o uso de microrreservatórios possibilitam construções com vários tipos de materiais e formatos. Dentre os formatos, podem ser: cilíndricos, retangulares ou quadrangulares. Podem ainda ser abertos, fechados, superficiais ou enterrados e construídos com diferentes materiais, como concreto, alvenaria, metal, fibrocimento e acrílico. A Figura 11 mostra um microrreservatório do tipo fechado e superficial, recebendo a contribuição de um telhado de um prédio, de formato retangular, formato diferente da Figura 10 apresentada acima, que é cilíndrico.

Figura 11 - Microrreservatório superficial.



Fonte: O'Loughlin et al., 1995.

Dentre as vantagens e desvantagens dos microrreservatórios, a autora Tassi (2002) cita o trabalho desenvolvido por O'Loughlin *et al.*, (1995) em Sydney, na Austrália. Para tanto, elencaram características de sua utilização:

- Não transferem os impactos da urbanização para jusante;
- O sistema é equitativo, visto que coloca a responsabilidade do controle para quem está implementando a urbanização e se beneficia dela;
- Os problemas são resolvidos na sua origem e as soluções não são postergadas;
- Os regulamentos para medidas de controle na fonte são ainda deficientes, e os critérios e métodos de projeto são usualmente muito simplificados;
- A manutenção das estruturas é o maior problema, pois os microrreservatórios impõem obrigações financeiras muito pesadas aos proprietários e
- Os microrreservatórios possibilitam pouca redução de poluentes na água coletada.

Entre os microrreservatórios, há dois tipos de alternativas: reservatórios que entra em funcionamento para determinados eventos de chuva com valor definido em projeto, estes classificados como offline, e reservatórios que entram em funcionamento para todo evento de chuva, classificados como online. Para tornar possível o sistema de reservatórios offline, é necessário um dispositivo bypass, que faz o desvio de vazões menores que as de projeto diretamente para a rede de drenagem, vertendo para o bypass apenas as vazões que superem a de projeto.

Em Belo Horizonte a lei nº 7.166/96 de parcelamento, ocupação e uso do solo da cidade torna obrigatória a construção de microrreservatório para retardar o lançamento na rede pública para as construções que impermeabilizem o solo do terreno acima das taxas de permeabilidades definidas. O volume do microrreservatório deve possibilitar a detenção de até 30 litros por metro quadrado de área impermeabilizada acima do limite estabelecido em lei. Existe uma recomendação geral que a vazão de lançamento na rede pública não seja superior a 100 l/s, não importando o tamanho do lote. Entre outros tópicos, a legislação é muito importante para regulamentação dos serviços. Assim, é necessário estudar especificidade de cada local, como mostrado a seguir.

3.4 Legislação na Drenagem Urbana

Para Marques (2006), estruturas de drenagem e outras medidas de controle contribuem para a gestão das águas urbanas. Porém, os preceitos para serem implantados dependem fundamentalmente da legislação vigente. Dessa forma, para que ocorra o ordenamento do crescimento urbano e sua integração com o meio ambiente natural, visando a manutenção dos recursos naturais, tem-se as de legislações urbanísticas e ambientais de âmbito federal, estadual e municipal.

3.4.1 Legislação Federal

3.4.1.1 *Lei n.º 6.766, de 1979*

Esta lei, que dispõe sobre o uso e parcelamento do solo urbano, estabelecendo em seu Art. 3º, parágrafo único a não permissão para o parcelamento do solo nas situações de terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas; em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes; em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação e em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Ainda estabelecido na lei, o Cap. III- Art. 7º Inciso IV, remete à Prefeitura Municipal, de acordo com as diretrizes de planejamento estadual e municipal, a obrigatoriedade de se prever nos projetos faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais e as faixas não edificáveis.

3.4.1.2 *Lei n.º 9433 de 1997*

Com a implantação da Lei Federal n.º 9433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a água passou a ser tratada como um bem público e recurso natural limitado dotado de valor econômico. A conscientização ambiental e as dificuldades de disponibilidade quantitativa e qualitativa de água em algumas regiões, fez com que surgisse a

necessidade da conservação da água, da redução da poluição na fonte ou por meio de tratamento adequado, e do correto gerenciamento dos recursos hídricos (Viola,2008). Assim, dentre as principais preocupações da lei, coloca-se a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural e também provocados por modificações antrópicas. Ainda assim, reforça a necessidade da utilização racional e integrada dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável.

A PNRH estabelece ainda a outorga para o lançamento em corpos d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de diluição, transporte ou disposição final. Dessa forma, enquadra-se as águas pluviais, pois segundo Tucci (2012) são consideradas como efluentes de drenagem que, geralmente, são lançados em corpos d'água, sendo que conforme a PNSB (2007), em 74% dos municípios brasileiros o efluente da drenagem é destinado para corpos receptores superficiais.

3.4.1.3 Lei nº 10.257 de 2001

Denominada Estatuto da Cidade, a Lei nº 10.257/2001, vem legitimar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que se trata das políticas de desenvolvimento urbano. Assim, em seu Art. 41º – Cap. III, estabelece a obrigatoriedade de elaboração do plano diretor para cidades com mais de vinte mil habitantes.

Esse estabelecimento constitui-se um avanço para as ações de planejamento e gestão do espaço urbano, visto que regularize o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, associado ao equilíbrio ambiental.

3.4.1.4 Lei nº 11.445 de 2007

No ano de 2007 foi promulgada a Lei nº 11.445 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Nessa lei o serviço de drenagem urbana é definido como: atividades de infraestruturas e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de cheias, incluindo o tratamento e disposição final das águas drenadas.

No seu Art. 2º, inciso IV, a disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do

patrimônio público e privado e prevê a integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

3.4.2 Legislação Estadual

3.4.2.1 *Lei nº 13.199 de 1999*

A Lei estadual nº 13.199 de 1999 de Minas Gerais, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, reforçando as definições da Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como fundamento os princípios do desenvolvimento sustentável. Dos instrumentos previstos para o Estado utilizar no controle dos recursos hídricos nessa lei, destacam-se a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

No seu Art. 18 há a definição dos sujeitos à outorga pelo poder público os lançamentos em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos, com o fim de disposição final e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água. Assim, como dito na lei Federal, enquadra-se as águas pluviais, pois segundo Tucci (2012) são consideradas como efluentes de drenagem que, geralmente, são lançados em corpos d'água.

3.4.2.2 *Decreto nº 44.646 de 2007*

O decreto estadual nº 44.646 de 2007 dispõe de requisitos para aprovação de projetos de loteamentos e desmembramentos de áreas para fins urbanos pelos municípios. Dessa forma em seu Art 25 institui a constituição de projetos de drenagem, como: projeto na mesma escala do projeto urbanístico e em sistema de coordenadas UTM, com curvas de nível de metro a metro e indicação do Norte; indicação dos lotes e sistema viário proposto; divisão das sub-bacias utilizadas para cálculo de vazão; indicação do sentido de escoamento das águas pluviais proposto; e indicação das estruturas de captação, transporte e disposição final, com detalhamento das dimensões, declividade longitudinal e profundidade.

3.4.3 Legislação Municipal

3.4.3.1 *Lei nº 2460 de 2005*

A lei nº 2460 de 2005 do município de Itabirito – MG institui o Plano Diretor do Município da Cidade que dispõe sobre o parcelamento, uso e a ocupação do solo urbano na sede municipal, nos distritos e nas áreas urbanas especiais. A lei regulamente o Plano Diretor de Itabirito como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana do Município, mostrando a orientação da atuação da administração pública e da iniciativa privada em seu território. Dessa forma, entre outras coisas, seu Art. 100 encaminha projetos de parcelamento do solo condicionando-o à viabilidade dos sistemas de abastecimento de água e de esgoto das áreas parceladas, bem como às condições de drenagem das águas pluviais.

3.4.3.2 Lei nº 2997 de 2014

De acordo com a lei nº 2997 de 2014, esta é responsável por propor a Política Municipal de Saneamento Básico, bem como seus regulamentos e suas normas administrativas. Dessa forma, tem por finalidade assegurar a proteção da saúde da população e a salubridade do meio ambiente urbano e rural, além de disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de saneamento básico do Município de Itabirito, que engloba por tanto também, os serviços de drenagem pluvial da cidade. Para projetos de drenagem, além da legislação é importante considerar aspectos das obras para sua execução. Dessa maneira, a seguir são abordados tópicos em discussão.

3.5 Análise de Viabilidade de Técnicas de Drenagem

A escolha de técnicas de drenagem baseia-se nas análises de suas características físicas e suas implicações sobre as áreas ao redor. Assim, os critérios são fundados com confronto em seus quesitos e implicações pertinentes, que podem ou não limitar ou viabilizar seu uso, possibilitando adoção de técnicas efetivamente viáveis para cada situação. Entre os critérios que condicionam a viabilidade tem-se a avaliação de aspectos físicos, urbanísticos e de infraestrutura, sanitários e ambientais e os aspectos socioeconômicos (Baptista *et al*, 2005).

Diante disso, esses critérios de adoção serão um pouco mais discutidos nos itens posteriores de acordo com Baptista *et al* (2005).

3.5.1 Aspectos Físicos

Topografia do local - A declividade do local condiciona as capacidades de retenção das obras, sendo determinante para locais possíveis das futuras instalações.

Capacidade de infiltração do solo - O emprego de técnicas de infiltração necessita de estudo no local para verificação dessa capacidade, a partir de condutividade hidráulica do solo em função de sua natureza.

O nível das águas subterrâneas - As condicionantes de nível do lençol freático são quanto seu armazenamento. Um lençol freático pouco profundo pode reduzir os volumes de armazenamento quando este se eleva junto a uma estrutura de armazenamento. Ainda assim, um lençol freático pouco profundo corre o risco de ser facilmente contaminado.

3.5.2 Aspectos Urbanísticos e de infra-estrutura

Disponibilidade de espaço - Dependendo da técnica escolhida, esta pode exigir espaço para sua implantação. Assim, é importante verificar a disponibilidade e os custos de restrição dessa área para usos de drenagem pluvial.

Redes Existentes - Subsolos com muita quantidade de serviços públicos, pode apresentar restrições quanto a utilização de alguma técnica de drenagem pluvial.

3.5.3 Aspectos sanitários e ambientais

Risco de Poluição - O risco de poluição das águas e do solo dependem de duas condicionantes: a qualidade das águas de escoamento e a vulnerabilidade do meio. Dessa forma, deve ser observado os aspectos legais afim de evitar todo e qualquer risco dessa natureza.

Risco sanitário - Os riscos sanitários são ligados principalmente quanto a possível estagnação de águas em algumas técnicas. Assim, podem resultar no desenvolvimento de vetores de doenças.

3.5.4 Aspectos sócio- econômicos

A boa ou má percepção de certas técnicas podem ser fundamentais para a escolha de técnicas de drenagem urbana.

Agentes envolvidos, além dos profissionais técnicos, poderão também ser o proprietário, morador e/ou mantenedor, no caso do lote coma doção de algumas técnicas. Em espaços públicos, os gestores podem ser os trabalhadores da área e ainda o próprio cidadão como usuário do espaço. Eventualmente, critérios relativos a manutenção e ao custo de implementação podem ser cruciais para a escolha de uma determinada técnica para a adoção.

4 METODOLOGIA

O presente estudo de caso consiste em dimensionamentos de drenagem pluviais, a partir de métodos descritos anteriormente com embasamentos teóricos. Para a realização do estudo foi feito um diagnóstico da área de estudo escolhida. Ainda assim, o dimensionamento da rede de drenagem foi executado. Assim, foi considerado duas soluções para a mesma.

1. Dimensionamento das redes de drenagem considerando um sistema tradicional (abordagem higienista);
2. Dimensionamento de sistema de drenagem compensatório com utilização de microrreservatórios de retenção.

Para o dimensionamento da rede tradicional foram utilizadas as recomendações contidas nas Instruções Técnicas para elaboração de estudos e projetos de drenagem do município de Belo Horizonte - SUDECAP (2004) com adaptações, visto que o município de estudo não possui suas próprias instruções e utiliza as considerações realizadas pela SUDECAP, por fazer parte da região de colar metropolitano de Belo Horizonte. Dessa forma, o dimensionamento seguiu as seguintes instruções:

- Parâmetros Hidrológicos;
- Parâmetros Hidráulicos;
- Critérios para Elaboração de projeto.

Para o dimensionamento das redes de drenagem com utilização dos microrreservatórios, foram utilizados os passos ditos anteriormente, porém com mudança no valor do tempo de concentração, visto que o excesso de volume gerado pelos lotes será armazenado pelos microrreservatórios, retardando sua chegada a rede de drenagem.

4.1 Diagnóstico da Área de Estudo

O município de Itabirito está localizado no Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais, ou a chamada mesorregião metropolitana de Belo Horizonte. Com distância de 55 km da capital Belo Horizonte, Itabirito possui uma área equivalente a 544,69 km², segundo o IBGE – 2010. A sede do Município é determinada pelas coordenadas geográficas de 20° 15' 11" Latitude Sul e 43° 47' 21" Longitude Oeste.

A área escolhida para estudo está localizada em Itabirito em um condomínio de iniciativa privada. Tal iniciativa foi realizada pela empresa X^{1*}, que cedeu dados para o estudo. O loteamento foi dividido em duas partes, a qual uma área de 0,132 km² foi utilizada para fins [[desse trabalho. Nas Figuras 12 e 13, pode-se observar a localização do loteamento na área estadual, municipal e uma imagem de satélite da área para o loteamento, respectivamente.

Figura 12 - Localização da Área de Estudo.



Fonte: Prefeitura de Itabirito, 2018.

Figura 13 - Delimitação Área de Estudo



Fonte: Google Earth, 2018.

^{1*} Nome não será especificado a pedido da empresa.

De acordo com a Lei nº 2.466 de 14 de dezembro de 2005 que institui o Plano Diretor Municipal, associada a Lei Complementar nº 2.460, que dispõe sobre o parcelamento, o uso e ocupação do solo urbano na sede municipal, os parâmetros de ordenação e ocupação do solo urbano no município de Itabirito são norteados. Assim, o município é dividido em zonas, como: Zonas Especiais de Interesse Histórico – ZEIH, Zonas de Uso Misto – ZUM, Zonas de Adensamento Restrito – ZAR, Zonas de Atividades Econômicas – ZAE, Zonas de Proteção Ambiental – ZPA, Zonas de Expansão Urbana – ZEU, Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS, Zonas Especiais de Interesse Urbano-Ambiental – ZEIUA, Áreas Especiais de Implantações Viárias – AEIV e Áreas Urbanas Especiais – URBE.

A área de estudo encontra-se na Zonas de Adensamento Restrito – ZAR. Esta zona é dita correspondem às áreas que apresentam tendência de ocupação por meio de loteamentos em condomínios ou chacreamentos e àquelas onde é recomendável o controle da ocupação e sua densidade. Nesse caso a zona possui baixas capacidades de adensamento, por se tratar de área em que há controle da ocupação.

Tais condições são ainda melhores explicadas por se tratar de iniciativa privada para o loteamento. Nesse caso, se tratando de instalações de microrreservatórios de detenção dentro dos lotes, uma das análises do estudo, será necessária participação dos interessados no lote afim de dividir custos de implantação. Sendo o loteamento já de iniciativa privada há viabilização maior ainda do loteamento e conseqüente projeto de drenagem com utilização de microrreservatórios.

O município de Itabirito faz parte da bacia do Rio das Velhas. Os principais rios que compõem a hidrografia de Itabirito são o Ribeirão do Mango, Ribeirão do Silva, Sardinha, Carioca, Arêdes e Criminoso, além do Ribeirão Saboeiro e o Rio Itabirito, que são nascentes da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (PMSB ITABIRITO, 2013). O uso do solo na Bacia do Rio das Velhas tem provocado processo intensivo de erosão e assoreamento dos corpos d'água, comprometendo os usos dos recursos hídricos. Entre as principais ações responsáveis pelos processos erosivos nessa região, destacam-se as atividades minerais, agrícolas e o desmatamento da cobertura vegetal original. (PDRH, 2014).

4.2 Dimensionamento da Rede de Drenagem

4.2.1 Parâmetros Hidrológicos

Tempo de Retorno (T) –período de tempo que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

Adotado T= 10 anos

Tempo de concentração (tc) - Áreas de drenagem de até 5,00 km² e com características naturais (sem parcelamentos), o tempo de concentração deve ser calculado pelas fórmulas de *Kirpich*, representadas pela equação 1.

$$t_c = 3,989 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (1)$$

Onde **tc** = tempo de concentração, em min; **L** = comprimento do talvegue, em km; **S** = declividade do talvegue, em m/m e **H** = diferença entre as cotas da seção de saída e o ponto mais a montante da bacia, em m.

Duração da chuva de projeto (D) - A duração (D) da chuva de projeto deve igualar ao tempo de concentração (tc).

Intensidade da chuva de projeto (I) - O método utilizado para determinação da chuva de projeto, é feito com base nas curvas IDF da bacia, que relacionam a intensidade, a duração, e a frequência das chuvas na bacia. Cada região deve possuir uma curva IDF específica, que será utilizada para montar o hidrograma da mesma. A partir dessa curva, é determinada a equação IDF, que segue abaixo:

$$I = \frac{a.Tr^b}{(t+c)^d} \quad (2)$$

Onde, I – intensidade da precipitação (mm/h); Tr – tempo de recorrência (anos); t – duração da precipitação (min); a,b,c,d – constantes obtidas pelo estudo estatístico de dados pluviométricos da região.

Nesse estudo será utilizado o *software Pluvio2.1* para obtenção dos dados pluviométricos.

Vazão De Projeto (Qp) - Vazão de projeto entende-se o valor instantâneo de pico (ou o hidrograma de cheia), calculado indiretamente a partir da transformação da chuva de projeto em vazão do escoamento superficial. Dessa forma, será utilizado o Método Racional, descrito pela equação 3 abaixo:

$$Q = C \times I \times A \quad (3)$$

Onde Q_p = Vazão de projeto, em m^3/s ; C = Coeficiente de escoamento superficial; I = Intensidade da chuva de projeto, em mm/h e A = Área de drenagem, em ha .

Assim, é necessário obter o coeficiente de escoamento C , o qual varia de acordo com características da bacia. A Tabela 1 indica o coeficiente C de acordo com o uso do solo, e a Tabela 2 de acordo com a cobertura.

Tabela 1- Valores de C por tipo de ocupação

Descrição da Área	C
Área comercial/edificações muito densas: partes centrais, densamente contruídas, em cidades com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 - 0,95
Área comercial/edificações não muito densas: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitação, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 - 0,70
Área residencial:	
Residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
Unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
Lotes com $> 2000 m^2$	0,30 - 0,45
Áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área Industrial:	
Indústrias leves	0,50 - 0,80
Indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,005 - 0,20
Parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
Pátios ferroviários	0,20 - 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: ASCE, 1969.

Tabela 2 - Valores de C de acordo com a superfície de revestimento

Superfície	C
Pavimento:	
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Calçadas	0,75 - 0,85
Telhado	0,75 - 0,95
Cobertura: grama/areia:	
Plano (declividade 2%)	0,05 - 0,10
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,10 - 0,15
Alta (declividade 7%)	0,15 - 0,20
Grama, solo pesado:	
Plano (declividade 2%)	0,13 - 0,17
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,18 - 0,22
Alta (declividade 7%)	0,25 - 0,35

Fonte: ASCE, 1969.

Em bacias com superfícies variáveis, o coeficiente de escoamento pode ser obtido realizando uma ponderação do coeficiente de diferentes superfícies.

4.2.2 Parâmetros Hidráulicos

Velocidades Médias dos escoamentos superficiais (V) - Considerando os escoamentos como permanentes e uniformes, será utilizado a fórmula de *Manning* para cálculo das velocidades.

Visando a proteção das estruturas contra os efeitos da abrasão e para a garantia da autolimpeza dos condutos, as velocidades médias deverão ser limitadas a valores máximos e mínimos.

$$V = \frac{(R_H)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (4)$$

Onde V= velocidade média, em m/s; Rh = raio hidráulico, em m; i = declividade média do conduto, em m/m; n = coeficiente de rugosidade (tabelado)

Os valores de n poderão ser de 0,014 para tubos de concreto e de 0,010 para tubos de PVC helicoidal.

Velocidades máximas e mínimas nas redes tubulares

Tubo de concreto:

$$V_{\max} = 8\text{m/s} \quad (5)$$

Velocidade máxima nas sarjetas de concreto - A velocidade limite nas sarjetas de concreto será de 4 m/s. Os pavimentos poliédricos, desprovidos de revestimento de concreto, também seguirão o mesmo critério de limite de velocidade nas faixas das sarjetas.

$$V \leq 4\text{m/s} \quad (62)$$

Seção molhada da rede tubular - A seção transversal molhada máxima a ser adotada para a rede tubular corresponde à seção com altura da lâmina d'água (y) igual a 80% do diâmetro nominal da respectiva rede.

Capacidade das sarjetas - Sua capacidade será determinada pela equação abaixo, a equação de Manning modificada:

$$Q_s = \frac{A_x R h^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

Onde Q_s = capacidade (vazão) da sarjeta, em (m³/s); A = área da seção transversal, em (m²); S = declividade longitudinal da via, em m/m e n = coeficiente de rugosidade média de Manning.

Capacidade de engolimento das bocas de lobo (BL) - Vazão de engolimento de uma grelha para boca de lobo simples:

$$Q = 2,383 \times y^{1,5} \quad (8)$$

Onde Q = vazão de engolimento, em l/s e y = carga hidráulica sobre a grelha, em cm.

Vazão de engolimento das grelhas de uma boca de lobo dupla:

$$Q = 4,766 \times y^{1,5} \quad (9)$$

Onde Q = vazão de engolimento da cantoneira, em l/s; y = carga hidráulica sobre a grelha, em m e L = comprimento da abertura da cantoneira, em m.

Vazão de engolimento da cantoneira de uma boca de lobo simples (fórmula válida para valores de y < 12 cm):

$$Q = 1,7 \times y^{1,5} \times L \times 10^3 \quad (10)$$

Onde Q = vazão de engolimento da cantoneira, em l/s; y = carga hidráulica sobre a grelha, em m; L = comprimento da abertura da cantoneira, em m.

Vazão de engolimento da cantoneira de uma boca de lobo dupla (fórmula válida para valores de $y < 12$ cm):

$$Q = 3,4 \times y^{1,5} \times L \times 10^3 \quad (11)$$

Onde Q = vazão de engolimento da cantoneira, em l/s; y = carga hidráulica sobre a grelha, em m; L = comprimento da abertura da cantoneira, em m.

4.2.3 Crêterios para Elaborac o de Projeto

Rede Tubular - A rede tubular será em tubos de concreto armado, salvo excecc o para situações especiais em que poderão ser utilizados tubos de PVC helicoidal.

Diâmetros para rede tubular - Serão adotados os diâmetros nominais para os tubos de concreto: 500, 600, 800, 1000, 1200 e 1500 mm.

Localizac o da Rede Tubular - A rede tubular deverá ser projetada e locada no eixo da pista. No caso de avenidas, a rede deverá preferencialmente ser projetada sob o canteiro central.

Recobrimento Mínimo - Para rede com tubos de concreto, o recobrimento mínimo sobre a geratriz externa superior será de 0,80 m.

4.3 Dimensionamento Microrreservatório

Para dimensionar os microrreservatórios de cada lote para o controle do escoamento pluvial foram consideradas as diretrizes do Decreto n  15.371 de 17 de novembro de 2006 da Prefeitura de Municipal de Porto Alegre. De acordo com este Decreto, as características do reservatório devem ser tais que mantenham uma vazão máxima na saída do lote equivalente a 20,8 L/seg/ha. Para isso, o próprio Decreto sugere que seja utilizado um volume de armazenamento dado pela equação abaixo:

$$V = 4,25 \times A \times AI \quad (12)$$

Onde V : volume em m³; A :  rea drenada para jusante do empreendimento (ha); AI :  rea impermeável que drena a precipitação para os condutos pluviais (% da área total A).

Dessa maneira, de acordo com a demanda e particularidades do local pode ser definida as dimensões do reservatório e seu formato, afim de otimizar seu uso.

4.4 Comparação dos dimensionamentos

Foi realizado uma comparação dos dimensionamentos utilizados através de análises funcionais dos sistemas estudados, especificando vantagens e desvantagens de ambos. Ainda assim, um levantamento de custos fez parte da avaliação financeira e segunda comparação dos dois métodos.

5 RESULTADOS

Para o dimensionamento foi utilizada a metodologia descrita no item anterior. A aplicação da metodologia foi resultante tanto para o dimensionamento da rede de drenagem tradicional como para o dimensionamento com microrreservatórios, utilizando o mesmo traçado da rede, e delimitação das áreas contribuintes, que podem ser observados em planta nos Apêndices A e B a partir de Planta do local cedida pela empresa.

A classificação da bacia, o tempo de retorno, e o tempo de concentração de entrada vindo das sarjetas também foram considerados os mesmos para ambos métodos, e estão descritos no item a seguir. No entanto, como já explicado, as vazões de projeto foram diferentes nas bacias. O cálculo da vazão de projeto foi feito através do método racional, sendo a precipitação de projeto dada pela equação IDF do município de Itabirito. Porém, para o coeficiente de escoamento C foram considerados valores diferentes, o que resultou em diferentes vazões.

5.1 Parâmetros Iniciais de Projeto

A bacia do estudo foi classificada como Bacia de Pequeno Porte, sendo possível assim a utilização do método Racional para determinação da vazão de projeto em ambos os casos. O tempo de retorno foi considerado de 10 anos, pela ocupação residencial da área, e o tempo de concentração de partida foi considerado igual a 10min, considerando que a precipitação se origina apenas no limite físico dos lotes.

5.2 Determinação Projeto Rede Tradicional

Para determinação da chuva de projeto foi considerada a equação da curva IDF encontrada no *software Pluvio* para a cidade de Itabirito - MG, e o coeficiente C para a rede convencional foi determinado de forma ponderada de acordo com a composição de superfícies segundo o cálculo:

1. Áreas de residências: Considerando área correspondente a um telhado (0,95), como explicitado na Tabela 2.
2. Áreas impermeáveis: Nas áreas permeáveis um coeficiente de escoamento de 0,22 (grama, solo pesado – visto que em áreas urbanas normalmente o solo está compactado).

Dessa maneira, o C médio foi calculado como sendo:

$$C = (0,60 \times 0,22) + (0,40 \times 0,95) = 0,512$$

3. Áreas públicas (ruas e passeios): Considerando que são revestidas por pavimento impermeável (0,95).

Portanto, o coeficiente de escoamento final é:

$$C = (0,7 \times 0,512) + (0,95 \times 0,30) = \mathbf{0,64}$$

Outro parâmetro considerado foi o coeficiente de Manning como sendo 0,014 por ser utilizado tubulação de concreto no cálculo da obra.

Como no cálculo D adotado $>$ D calculado, foi necessário calcular a lâmina percentual (y/D), a qual levou ao raio hidráulico real (R_h). Para a determinação de y/D , determinou-se primeiro o fator hidráulico (F_h) da seção circular, e em seguida, foram determinados os valores de r_h/D e y/D através de interpolação com dados disponíveis na tabela do anexo 1. A planilha com os cálculos para rede tradicional encontra-se no apêndice C.

5.2.1 Galerias

Para o cálculo das galerias no método racional foi seguida a seqüência de cálculos da tabela apresentada no Apêndice C. Dessa maneira, considerando os passos descritos na metodologia para verificação as velocidades finais, estas deveriam ficar entre 0,8 e 8 m/s segundo manual da SUDECAP. Outra verificação necessária foi a lâmina d'água que não poderia exceder o valor de 0,8.

5.2.2 Boca de Lobo

Para definição do tipo de boca de lobo a ser utilizado foi calculado a partir das vazões máxima e mínima, a vazão adequada para atender o local com esse tipo de boca de lobo. Considerou-se assim que as demais bocas de lobos corresponderiam ao padrão. Foi utilizado lâmina máxima de 0,10m e conseqüentemente a fórmula 12 para averiguar se seria possível a utilização de boca de lobo simples. Nesse caso, a água acumula sobre a boca de lobo gerando uma lâmina com altura menor do que a abertura da guia e essa boca de lobo pode ser considerada um vertedor.

Como a vazão total é maior do que a vazão máxima de entrada nas bocas de lobo ($132 \text{ l/s} > 100 \text{ l/s}$) o dimensionamento desse tipo de boca de lobo atende às necessidades de drenagem

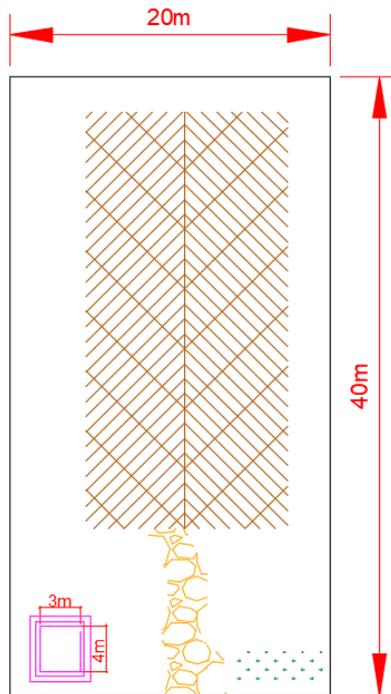
do local. Sendo as declividades muito baixas, variando de 0,03 a 0,051, o valor excedente é apropriado para considerar que a capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada, devido a obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas, entre outros. Logo, as bocas de lobo utilizadas no dimensionamento foram do tipo grelha ($h = 0,15$ m e $L = 1,0$ m) ficando a montante dos cruzamentos e afastadas cerca de 20 cm do meio fio, para ser considerado todo perímetro da boca de lobo contribuinte para o esgotamento da água superficial.

5.3 Dimensionamento do Microrreservatórios

Os lotes do condomínio possuem em média 800 m² cada, de 20x40m. O loteamento estudado conta com 115 lotes, distribuídos uniformemente entre os quarteirões. Para o cálculo do volume do microrreservatório foi direcionado o cálculo em um lote e replicado aos demais. Dessa maneira, parte da água que não for infiltrada, será direcionada a esse microrreservatório e posteriormente destinadas a galeria, diminuindo os picos da vazão. Para tal a área impermeável foi considerada em torno de 37% da área do total do terreno. Logo o volume necessário para cada reservatório foi de em torno de 12 m³.

O local escolhido para alocação do reservatório foi na parte da frente dos lotes, com cota de terreno mais baixa, para proporcionar condução da água até esse ponto para armazenamento. Dessa maneira, o microrreservatório pode variar da direita para a esquerda nos lotes, devido sua localização. Recomenda-se ainda a utilização de canaleta ao redor do reservatório para facilitar na captação da água. As medidas do microrreservatório e sua localização podem ser observadas na figura 14.

Figura 14 - Modelo de microrreservatório em um lote do condomínio estudado.

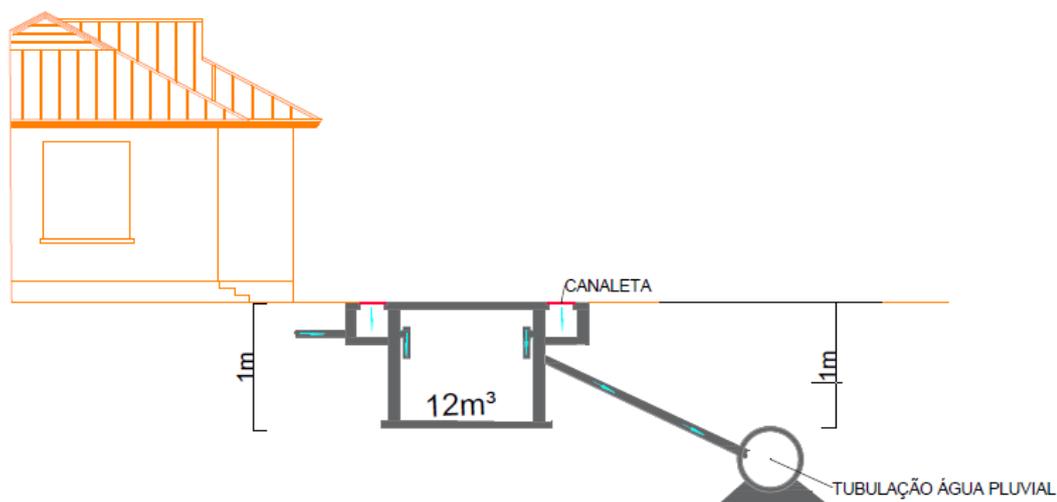


Fonte: Autoria própria

Para possibilitar a liberação gradual da água armazenada, recomenda-se o uso de um descarregador de fundo, evitando o acúmulo de água na estrutura. Para que não haja obstrução do descarregador é necessário colocar ainda uma grade.

Afim de otimizar a ação dos microrreservatórios e deixar o projeto menos oneroso, a altura do mesmo foi calculada para ficar com cota menor do que o recobrimento mínimo das galerias. Dessa maneira a condução da água armazenada no microrreservatório para a rede pública será feita através da gravidade, sem gastos com bomba para elevar essa água. Assim, a água é direcionada a uma tubulação de saída, conectada à rede pública de drenagem urbana como mostra a figura 15.

Figura 15 – Vista microrreservatório e rede de drenagem pluvial



Fonte: Autoria própria

As medidas finais atribuídas ao microrreservatório foram de 3 x 4 x 1m que atenderam as demandas necessárias no loteamento, sendo replicadas aos demais lotes do condomínio.

5.3.1 Rede de Drenagem com utilização dos microrreservatórios

Para o cálculo da rede de drenagem com os microrreservatórios o tempo de concentração inicial utilizado foi de 25 minutos, valor esse maior que o utilizado no dimensionamento tradicional. Para tal, assim como o cálculo da rede tradicional também foi necessário calcular valores de lâmina percentual (y/D) e rh/D e y/D através de interpolação com dados disponíveis na tabela do anexo 1. A planilha com os cálculos para rede com microrreservatórios encontra-se no apêndice D seguindo a mesma metodologia da rede tradicional calculada.

5.4 Comparação entre os dimensionamentos

Foi realizada a comparação em relação aos diâmetros necessários para cada método utilizado. Dessa maneira, chegou-se a uma redução grande nos diâmetros de cada trecho com utilização dos microrreservatórios, como dito por Canholi (2014) e mostrado na tabela 3.

Tabela 3 - Comparação de Extensões em diferentes diâmetros - Método Tradicional e Compensatório

	Rede Tradicional	Método Compensatório
Ø 300 mm	106,5 m	501,51 m
Ø 400 mm	180,95 m	689,38 m
Ø 500 mm	407,73 m	332,9 m
Ø 600 mm	666,85 m	440,06 m
Ø 800 mm	477,35 m	97,55 m
Ø 1000 mm	124,47 m	-
Ø 1200 mm	97,55 m	-

Fonte: Elaborado pela autora

Comparando as vazões calculadas nos dois métodos, tem-se que a vazão calculada no método compensatório foi muito menor, devido ao aumento do tempo de concentração de partida. A vazão média na rede de drenagem pluvial no método tradicional foi de 6,1 m/s, enquanto na rede de drenagem pluvial com utilização de microrreservatório foi de 4,07 m/s. Dessa maneira, a vazão sofreu redução média de 34% corroborando Tassi (2002), em que a redução foi de 50% em seus estudos.

Afim de comparar ainda mais os dois tipos de drenagem calculados foi feito orçamento com levantamento de gastos primários para as obras de execução. Assim, para os preços de referência foi utilizado a tabela de preços (onerada) elaborada de acordo com o “CADERNO DE ENCARGOS DA SUDECAP” – BH. Em seguida são apresentadas as tabelas 4 e 5, com orçamentos de obra da rede de drenagem tradicional e da rede com utilização de microrreservatórios, respectivamente.

Tabela 4 - Planilha de preços rede de drenagem tradicional

1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA	UNIDADE	UNITÁRIO	QUANTIDADE	TOTAL
1.1	H <= 1.5 M	M3	3,21	1042,77	3347,2917
1.2	1.5 M < H <= 3.0 M	M3	4,08	2732,44	11148,3552
2	REDE TUB. CONCRETO CIMENTO ARIP LUS RS CLASSE P A-1				
2.1	DN= 400 MM	M	89,41	287,45	25700,9045
2.2	DN= 500 MM	M	116,22	407,73	47386,3806
2.3	DN= 600 MM	M	153,00	666,85	102028,05
2.4	DN= 800 MM	M	232,66	477,35	11060,251
2.5	DN= 1000 MM	M	330,49	124,47	41136,0903
2.6	DN= 1200 MM	M	457,19	97,55	44598,8845
3	FORMA PARA BERÇO				
3.1	EM TABUA, INCLUSIVE DESFORMA	M2	18,33	1331,72	24410,33595
4	POÇO DE VISITA TIPO A - PADRAO SUDECAP				
4.1	D= 500 MM	UN	1303,80	11,00	143418
4.2	D= 600 MM	UN	1368,11	9,00	12312,99
4.3	D= 800 MM	UN	1607,51	6,00	9645,06
4.4	D= 1000 MM	UN	1924,61	2,00	3849,22
4.5	D= 1200 MM	UN	2.481,52	100	248152
5	CHAMINE DE POÇO DE VISITA - PADRAO SUDECAP				
5.1	TIPO A-ALVEN. E=20CM REVESTIDA, C/DEGRAUS AÇO CA25	M	500,99	29,00	14528,71
6	TAMPAO DE POÇO DE VISITA				
6.1	FERRO FUNDIDO NODULAR	UN	696,83	29,00	20208,07
7	CAIXA PARA BOCA LOBO				0
7.1	SIMP LES	UN	68182	58,00	39545,56
8	ALTEAMENTO DE CAIXA PARA BOCA DE LOBO				0
8.1	SIMP LES	M	607,25	29,00	17610,25
9	CONJUNTO QUADRO E GRELHA PARA BOCA DE LOBO				
9.1	TIPO A (FERRO FUNDIDO) - PADRAO SUDECAP	UN	1024,59	29,00	29713,11
10	CANTONEIRA PARA BOCA DE LOBO				
10.1	TIPO B (CONCRETO) - PADRAO SUDECAP	UN	75,87	116,00	8800,92
11	SARJETA - PADRAO SUDECAP				
11.1	TIPO A - (50X10)CM - DES-R01	M	19,32	2061,40	39826,248
12	MEIO FIO E CORDAO - PADRAO SUDECAP				
12.1	MEIO FIO CONCRETO FCK>=18MP A TIPO A (12X16,7X35)CM	M	33,21	2061,40	68459,094
				TOTAL	R\$ 692.139,10

Tabela 5 - Planilha de preços rede de drenagem com microrreservatórios

		UNIDADE	UNITÁRIO	QUANTIDADE	TOTAL
1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA				
1.1	H <= 15 M	M3	3,21	1523,79	48914
1.2	15 M < H <= 3.0 M	M3	4,08	1075,22	4386,9
2	REDE TUB. CONCRETO CIMENTO ARIPLUS RS CLASSE PA-1				
2.1	DN= 400 MM	M	89,41	1190,89	106477,4749
2.2	DN= 500 MM	M	116,22	332,90	38689,638
2.3	DN= 600 MM	M	153,00	440,06	67329,18
2.4	DN= 800 MM	M	232,66	97,55	22695,983
3	FORMA PARA BERÇO				
3.1	EM TABUA, INCLUSIVE DESFORMA	M2	18,33	934,73	17133,61923
4	POÇO DE VISITA TIPO A - PADRAO SUDECAP				
4.1	D= 500 MM	UN	1303,80	23,00	29987,4
4.2	D= 600 MM	UN	1368,11	6,00	8208,66
4.3	D= 800 MM	UN	1607,51	1,00	1607,51
5	CHAMINE DE POÇO DE VISITA - PADRAO SUDECAP				
5.1	TIPO A-ALVEN. E=20CM REVESTIDA, C/DEGRAUS AÇO CA25	M	500,99	29,00	14528,71
6	TAMPAO DE POÇO DE VISITA				
6.1	FERRO FUNDIDO NODULAR	UN	696,83	29,00	20208,07
7	CAIXA PARA BOCA LOBO				0
7.1	SIMPLES	UN	68182	58,00	39545,56
8	ALTEAMENTO DE CAIXA PARA BOCA DE LOBO				0
8.1	SIMPLES	M	607,25	29,00	17610,25
9	CONJUNTO QUADRO E GRELHA PARA BOCA DE LOBO				
9.1	TIPO A (FERRO FUNDIDO) - PADRAO SUDECAP	UN	1024,59	29,00	29713,11
10	CANTONEIRA PARA BOCA DE LOBO				
10.1	TIPO B (CONCRETO) - PADRAO SUDECAP	UN	75,87	116,00	8800,92
11	SARJETA - PADRAO SUDECAP				
11.1	TIPO A - (50X10)CM - DES-R01	M	19,32	206140	39826,248
12	MEIO FIO E CORDAO - PADRAO SUDECAP				
12.1	MEIO FIO CONCRETO FCK>=18MPA TIPO A (12X16,7X35)CM	M	33,21	206140	68459,094
				TOTAL	R\$ 540.099,69

Nos itens que utilizaram diretamente o comprimento da canalização não houve mudanças nos valores entre a rede de drenagem tradicional e a rede com microrreservatórios. Porém, na instalação das canalizações, houve uma diminuição muito grande de preços para a rede com utilização dos microrreservatórios, como já era esperado, devido a diminuição nos diâmetros necessários. Assim, com um valor de R\$692.139,10 para rede tradicional e R\$540.099,69 com uso de medida de drenagem compensatória houve diminuição de R\$152.039,41.

Esse valor representa uma diminuição de aproximadamente 22% no custo das obras. Tassi (2002) dimensionou redes de drenagem para uma diferente área pelo método tradicional,

e pelo método compensatório com a utilização de microrreservatórios em lotes, e também obteve uma diminuição de custo na implantação das redes pelo método compensatório.

6 CONCLUSÃO

As necessidades de desenvolvimento sustentável de ocupação nas cidades, medidas de drenagem compensatória e de baixo impacto são inegáveis e devem ser estudadas. O principal objetivo destes dispositivos é de amortecer o escoamento para jusante, disponibilizando uma vazão menor, e diminuindo assim os riscos provocados. Dessa forma, torna-se necessário sua comparação com sistemas até hoje mais utilizados, estabelecendo suas vantagens e desvantagens para elencar a viabilidade ou não de seu uso, em todos seus aspectos.

Os resultados obtidos para o uso da técnica de microrreservatórios nos lotes no condomínio do município de Itabirito confirmaram os padrões e estudos apresentados. Adotando tempo de concentração de 10 minutos para a rede de drenagem tradicional os diâmetros variaram de 300 mm a 1200 mm com vazão média de 6,1 m/s. Já com a utilização dos microrreservatórios, afim de amortecer as vazões, o tempo de concentração considerado foi de 25 minutos e os diâmetros variaram de 300 mm a 800 mm com vazão média de 4,07 m/s. Essa redução da vazão representou 34%, reforçando a ideia de Tassi (2002) em seu estudo, concentrando até 50 % de redução.

O dispositivo escolhido, microrreservatórios nos lotes, mostrou-se eficiente quanto as premissas, diminuindo bastante o custo necessário para implementação da rede tradicional com a instalação desses dispositivos de reservatórios. A estrutura proposta mostrou-se de grande simplicidade, de fácil aplicação que associados ao sistema de drenagem pluvial proporcionam reduções de vazões e volumes escoados, reduzindo as cheias urbanas. Com o uso dessa medida compensatória, que possui um volume com capacidade de 12m³, o escoamento superficial que atinge a rede de drenagem pluvial do condomínio irá diminuir. Conseqüentemente, espera-se que as adversidades geradas com as inundações também diminuam na região em questão. Entretanto, recomenda-se averiguar outras possíveis inviabilidades para a implantação da técnica, tais como estudos econômicos mais aprofundados e verificação se a estrutura planejada suportaria a demanda necessária.

Ainda que os benefícios dos microrreservatórios como medida estruturais sejam muito importantes, esta pode ser potencializada com aplicação de medidas não- estruturais. Mesmo não apresentando visibilidade pela população, por não ter obras visíveis, são de grande valia contribuindo para diminuição de danos das inundações através do uso de normas e regulamentos. Dessa maneira, recomenda-se que além de aplicação dos microrreservatórios

utilize-se medidas não-estruturais, como exemplo a educação ambiental, visando à obtenção de melhores resultados e um melhor aproveitamento das medidas de controle estruturais sugeridas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCE. **Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers**, New York (Manuals and Reports of Engineering, 37), 1969.

A.D, J.renato. **Instalações de Esgoto**. Disponível em:
<<http://www.jrrio.com.br/construcao/instalacoes/esgoto.html>>. Acesso em: 13 mai. 2017.

ABCP; ABESC **Conceitos e Requisitos para Pavimentos de Concreto Permeável**, São Paulo, 2013.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Belo Horizonte ABRH, 2005.266p.

BRASIL. Lei no 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 15 mai. 2017.

_____. Lei no 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento 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**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 15 mai. 2017.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 15 mai. 2017.

_____. Lei nº 11.445, de 5 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**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 15 mai. 2017.

_____. Lei nº 2460, de 14 de dezembro de 2005. **Plano Diretor de Itabirito**. Itabirito, MG, Disponível em:
<http://sapl.itabirito.mg.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/1217_texto_integral>. Acesso em: 24 set. 2018.

_____. Lei nº 2997, de 16 de abril de 2014. **Política Municipal de Saneamento Básico**. Itabirito, MG, Disponível em:
<http://sapl.itabirito.mg.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/1700_texto_integral>. Acesso em: 24 set. 2018.

CABRAL, J. J. S. P., CARTAXO, A. L.; ANTONINO, A. C. D. BORBA FILHO, B. F. L.; SANTOS L. L., **Microrreservatório de detenção em logradouro público**. In: Righetto, A.

M. (coord.). Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 7, p. 256-286.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.384p.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M., SILVEIRA, A. L. L. **Controle do escoamento com detenção em lotes urbanos**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 3 n.4 p. 19-31, out/Dez 1998.

DEP – Departamento de Esgotos e Águas Pluviais de Porto Alegre, **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, Manual de Drenagem Urbana Volume VI**. Porto Alegre, 2005.

DRUMOND, P.de. P. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG**: Avaliação hidráulica e hidrológica. 2012. Dissertação. (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

GOLDENFUM, J. A.; SILVEIRA, A. L. L., J. **Metodologia Generalizada para pré-dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte**. Porto Alegre, 2007.
HIRATA, A. L. **Monitoramento e Modelagem de Um Sistema Filtro-Vala Trincheira de Infiltração em Escala Real**. São Carlos, 2011

Manejo de Águas Pluviais Urbanas/Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.396p, il.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana**. 2006. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. **Dispõe sobre A Política Estadual de Recursos Hídricos e Dá Outras Providências**. Disponível em:
<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

_____. Assembleia Legislativa. Decreto nº 44.646, de 2007. **Disciplina O Exame e Anuência Prévia Pelo Estado, Por Meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana - Sedru, Para Aprovação de Projetos de Loteamentos e Desmembramentos de áreas Para Fins Urbanos Pelos Municípios**. Disponível em:
<http://www.cidades.mg.gov.br/images/documentos/MUNICIPIOS/planejamentoeinfrastruturaurbana/anuenciaprevia/dec_44646_nr_dec_44768.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2017.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2010. Disponível em:
http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acesso em: 15 abr. 2016.

PEIXOTO, Vinícius Carvalho. **Análise paramétrica e dimensionamento de poços de infiltração para fins de drenagem urbana**/ Vinícius Carvalho Peixoto; orientador Orencio Monje Vilar.- São Carlos, 2011.

PMPA/IPH, Prefeitura Municipal de Porto Alegre/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana, Vol. VI.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

PORTO ALEGRE. Decreto 15.371 de 17 de novembro de 2006. **Regulamenta o controle da drenagem urbana.** Porto Alegre, 2006.

Reservatórios de Detenção. Disponível em:

<<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

RIBEIRO, Alessandro Mendes. BMP's em drenagem urbana: aplicabilidade em cidades brasileiras/ **A.M. Ribeiro. – Versão corr. – São Paulo,2014. 104p.**

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana.** 2002. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TAVANTI, D. R. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto aplicado ao processo de planejamento urbano.** 2009. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento/ de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2009.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados.** v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

_____. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 194 p.

VILLANUEVA, A. O. N. et al., Gestão da drenagem urbana: da formulação à implementação. **Revista de Gestão de Água da América Latina.** V. 8, n.1, p. 5-18, jan. /jun. 2011.

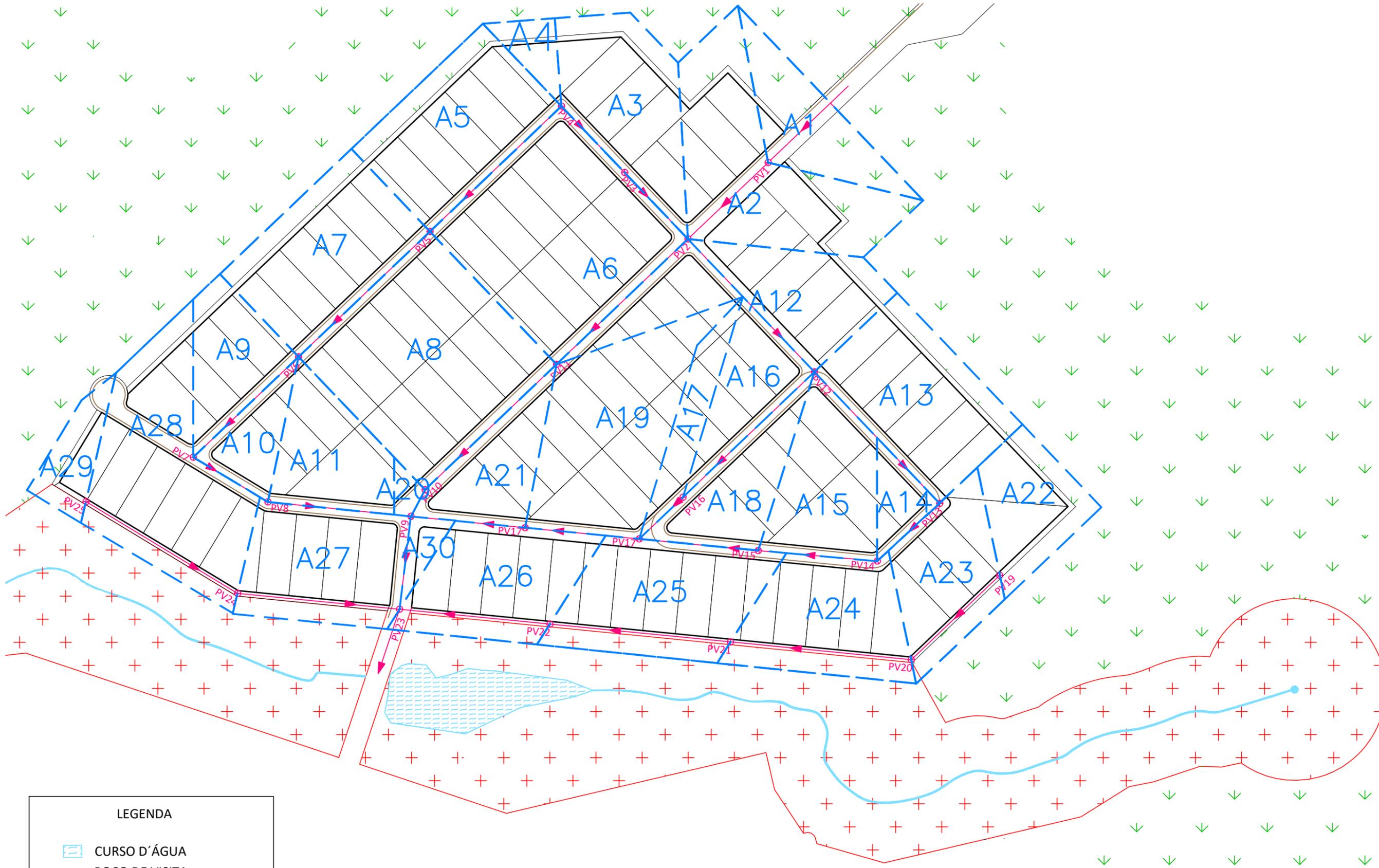
VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas:** o estudo de caso da cidade do Samba. 2008. Dissertação. (Mestrado em Ciência em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, Gustavo Barbosa Lima da. **Avaliação Experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vista ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas.**2006. 199p.Tese(doutorado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SOUZA, C. S.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, p. 9-18, Abr/Jun, 2012.

SUDECAP. **Instrução Técnica - Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem Urbana no Município de Belo Horizonte.** Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=sudecap&tax=36601&lang=pt_BR&pg=5581&taxp=0>. Acesso em 16 mai. 2017.

APÊNDICE A – Delimitação de Áreas de Contribuição



LEGENDA	
	CURSO D'ÁGUA
	POÇO DE VISITA
	DIREÇÃO DO FLUXO
	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

CONDOMÍNIO ITABIRITO		
AUTORA: RAFAELA DE FREITAS REZENDE		FOLHA: 1 / 1
CONTEÚDO: PLANTA COM DELIMITAÇÃO DE ÁREA		
DATA: 22/11/18	ESCALA: 1:2000	FORMATO: A3

APÊNDICE B – Traçado Drenagem Pluvial Área de Estudo

APÊNDICE C – Tabela de Dimensionamento Rede Tradicional

Área de Contribuição	Trecho (PV)	L (m)	Área (ha)	Área (km ²)	Área acumulada (km ²)	tc (min)	im (mm/h)	Q (m ³ /s)	D (m)	DN (m)	S (m/m)	FH	Rh/D	Rh	v/d	v/D (%)	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)			Cotas dos greide (m)			Prof (m)
																			Mont	Jus	Mont	Jus	Mont	Jus	
A1	0-1	45,50	0,351	0,004	0,004	10,000	136,01	0,08	0,165	0,300	0,220	0,0629	0,1731	0,052	0,3047	30,47	4,661	0,163	1055	1045	1053,7	1043,7	1,30		
A2	1-2	61,00	0,788	0,008	0,011	10,163	135,50	0,27	0,276	0,300	0,148	0,2481	0,2923	0,088	0,6741	67,41	5,415	0,188	1045	1036	1043,7	1034,7	1,30		
A3	3-2	34,00	0,540	0,005	0,017	10,350	134,92	0,40	0,431	0,500	0,029	0,2088	0,2770	0,139	0,5975	59,75	3,279	0,173	1037	1036	1035,5	1034,5	1,50		
A4	4-3	66,00	0,096	0,001	0,018	10,523	134,38	0,42	0,337	0,400	0,121	0,1964	0,2714	0,109	0,5744	57,44	5,659	0,194	1045	1037	1043,6	1035,6	1,40		
A5	4-5	100,00	0,627	0,006	0,024	10,718	133,79	0,57	0,445	0,500	0,050	0,2273	0,2846	0,142	0,2846	28,46	4,353	0,383	1045	1040	1043,5	1038,5	1,50		
A7	5-6	100,00	0,681	0,007	0,031	11,100	132,65	0,73	0,375	0,400	0,200	0,2622	0,2962	0,118	0,7005	70,05	7,706	0,216	1040	1020	1038,6	1018,6	1,40		
A9	6-7	80,06	0,315	0,003	0,034	11,317	132,01	0,80	0,424	0,500	0,125	0,2007	0,2734	0,137	0,5824	58,24	6,699	0,199	1020	1010	1018,5	1008,5	1,50		
A10	7-8	47,88	0,185	0,002	0,036	11,516	131,43	0,84	0,466	0,500	0,084	0,2577	0,2949	0,147	0,6913	69,13	5,762	0,138	1010	1006	1008,5	1004,5	1,50		
A11	8-9	79,19	0,367	0,004	0,040	11,654	131,02	0,92	0,604	0,600	0,025	0,3168	0,3040	0,182	0,8320	83,20	3,651	0,362	1006	1004	1004,4	1002,4	1,60		
A20	10-9	14,95	0,034	0,000	0,040	12,016	129,99	0,92	0,360	0,400	0,401	0,2344	0,1669	0,067	0,6435	64,35	7,447	0,033	1010	1004	1008,6	1002,6	1,40		
A8	11-10	100,00	1,010	0,010	0,050	12,049	129,90	1,15	0,508	0,600	0,100	0,1995	0,2728	0,164	0,5800	58,00	6,759	0,247	1020	1010	1018,4	1008,4	1,60		
A12	2-12	100,00	0,403	0,004	0,054	12,296	129,20	1,24	0,533	0,600	0,090	0,2261	0,2881	0,173	0,6490	64,90	6,650	0,251	1044	1035	1042,4	1033,4	1,60		
A13	12-13	91,95	0,630	0,006	0,060	12,547	128,51	1,38	0,823	0,600	0,011	0,7224	0,2990	0,179	0,7221	72,21	2,369	0,647	1035	1034	1033,4	1032,4	1,60		
A14	13-14	45,79	0,117	0,001	0,061	13,193	126,75	1,39	0,490	0,500	0,175	0,2947	0,2734	0,137	0,6812	68,12	7,923	0,096	1034	1026	1032,5	1024,5	1,50		
A15	14-15	65,84	0,449	0,004	0,066	13,290	126,49	1,48	0,588	0,600	0,076	0,2943	0,3035	0,182	0,7790	77,90	6,324	0,174	1026	1021	1024,4	1019,4	1,60		
A16	12-16	100,00	0,286	0,003	0,069	13,463	126,03	1,54	0,485	0,500	0,230	0,2859	0,2223	0,111	0,7599	75,99	7,919	0,210	1044	1021	1042,5	1019,5	1,50		
A17	16-17	33,29	0,187	0,002	0,071	13,674	125,48	1,58	0,529	0,600	0,150	0,2225	0,2333	0,140	0,6258	62,58	7,463	0,074	1021	1016	1019,4	1014,4	1,60		
A18	15-17	65,84	0,333	0,003	0,074	13,748	125,29	1,65	0,612	0,800	0,076	0,1519	0,2810	0,225	0,6150	61,50	7,277	0,151	1021	1016	1019,2	1014,2	1,80		
A19	17-18	104,70	0,774	0,008	0,082	13,899	124,90	1,82	0,692	0,800	0,048	0,2110	0,3040	0,243	0,7942	79,42	6,082	0,287	1016	1011	1014,2	1009,2	1,80		
A21	18-9	63,23	0,315	0,003	0,085	14,186	124,16	1,88	0,598	0,600	0,111	0,3081	0,3043	0,183	0,8117	81,17	7,649	0,138	1011	1004	1009,4	1002,4	1,60		
A22	0-19	66,00	0,340	0,003	0,088	14,324	123,81	1,94	0,523	0,600	0,242	0,2159	0,1750	0,105	0,6130	61,30	7,827	0,141	1046	1030	1044,4	1028,4	1,60		
A23	19-20	67,35	0,427	0,004	0,093	14,464	123,46	2,03	0,555	0,600	0,193	0,2530	0,2140	0,128	0,6851	68,51	7,987	0,141	1030	1017	1028,4	1015,4	1,60		
A24	20-21	100,00	0,544	0,005	0,098	14,605	123,10	2,15	0,686	0,800	0,070	0,2059	0,2763	0,221	0,5945	59,45	6,909	0,241	1017	1010	1015,2	1008,2	1,80		
A25	21-22	72,14	0,637	0,006	0,104	14,846	122,50	2,27	0,773	0,800	0,042	0,2831	0,3019	0,242	0,7541	75,41	5,649	0,213	1010	1007	1008,2	1005,2	1,80		
A26	22-23	83,17	0,526	0,005	0,110	15,059	121,98	2,38	0,709	0,800	0,072	0,2248	0,2845	0,228	0,6315	63,15	7,152	0,194	1007	1001	1005,2	999,2	1,80		
A27	24-23	89,73	0,612	0,006	0,116	15,253	121,51	2,50	0,900	1,000	0,022	0,2346	0,2874	0,287	0,6439	64,39	4,644	0,322	1003	1001	1001,0	999,0	2,00		
A28	25-24	97,55	0,855	0,009	0,124	15,575	120,73	2,67	1,067	1,200	0,010	0,2270	0,2853	0,342	0,6356	63,56	3,539	0,459	1004	1003	1001,8	1000,8	2,20		
A29	0-25	34,74	0,165	0,002	0,126	16,034	119,65	2,68	0,880	1,000	0,029	0,2212	0,3033	0,303	0,7743	77,43	5,471	0,106	1005	1004	1003,0	1002,0	2,00		
A30	9-23	51,50	0,631	0,006	0,132	16,140	119,40	2,81	0,785	0,800	0,058	0,2955	0,3037	0,243	0,7825	78,25	6,713	0,128	1004	1001	1002,2	1001,0	1,80		

a	0,215
b	23,133
c	0,766
k	1210,8
Tempo de retorno (anos)	10
D mínimo	300 mm
Coefficiente de escoamento	0,64
n	0,014

APÊNDICE D – Tabela de Dimensionamento com Microrreservatórios

		a	b	c	k	Tempo de retorno (anos)	D mínimo	Coefficiente de escoamento	n											
		0,215	23,133	0,766	1210,83	25	300 mm	0,64	0,014											
Área de Contribuição	Trecho (PV)	L (m)	Área (ha)	Área acumulada (km ²)	im (mm/h)	Q (m ³ /s)	D (m)	DN (m)	S (m/m)	FH	Rh/D	Rh	y/d	V (m/s)	te (min)	Cotas do terreno (m)		Cotas dos greide (m)		Prof (m)
																Mont	Jus	Mont	Jus	
A1	0-1	45,50	0,351	0,004	25,000	124,42	0,03	0,112	0,300	0,0225	0,1555	0,047	0,3540	4,339	0,175	1055	1045	1053,7	1043,7	1,30
A2	1-2	61,00	0,788	0,008	25,175	124,07	0,10	0,187	0,300	0,0887	0,2636	0,079	0,2952	5,055	0,201	1045	1036	1043,7	1034,7	1,30
A3	3-2	34,00	0,540	0,005	25,376	123,68	0,14	0,293	0,300	0,2920	0,2589	0,078	0,5294	2,230	0,254	1037	1036	1035,7	1034,7	1,30
A4	4-3	66,00	0,096	0,001	25,630	123,19	0,15	0,229	0,300	0,1515	0,1999	0,060	0,3686	3,810	0,289	1045	1037	1043,7	1035,7	1,30
A5	4-5	100,00	0,627	0,006	25,919	122,63	0,20	0,303	0,300	0,3178	0,2667	0,080	0,5567	2,966	0,562	1045	1040	1043,7	1038,7	1,30
A7	5-6	100,00	0,681	0,007	26,481	121,57	0,26	0,255	0,300	0,2022	0,2378	0,037	0,3278	3,548	0,470	1040	1020	1038,7	1018,7	1,30
A9	6-7	80,06	0,315	0,003	26,950	120,69	0,29	0,288	0,300	0,2799	0,2541	0,076	0,5168	4,539	0,294	1020	1010	1018,7	1008,7	1,30
A10	7-8	47,88	0,185	0,002	27,244	120,15	0,30	0,317	0,400	0,1668	0,2787	0,111	0,6710	4,782	0,167	1010	1006	1008,6	1004,6	1,40
A11	8-9	79,19	0,367	0,004	27,411	119,85	0,33	0,411	0,500	0,1840	0,2423	0,121	0,4747	2,779	0,475	1006	1004	1004,5	1002,5	1,50
A20	10-9	14,95	0,034	0,000	27,886	118,99	0,33	0,245	0,300	0,1805	0,1122	0,034	0,4000	4,717	0,053	1010	1004	1008,7	1002,7	1,30
A8	11-10	100,00	1,010	0,010	27,939	118,90	0,41	0,346	0,400	0,2103	0,2473	0,099	0,7082	4,831	0,345	1020	1010	1018,6	1008,6	1,40
A12	2-12	100,00	0,403	0,004	28,284	118,29	0,44	0,362	0,400	0,2384	0,2242	0,090	0,7732	4,293	0,388	1044	1035	1042,6	1033,6	1,40
A13	12-13	91,95	0,630	0,006	28,672	117,61	0,49	0,560	0,600	0,2582	0,2439	0,146	0,4889	2,069	0,741	1035	1034	1033,4	1032,4	1,60
A14	13-14	45,79	0,117	0,001	29,413	116,33	0,50	0,334	0,400	0,1916	0,1768	0,071	0,6512	5,106	0,149	1034	1026	1032,6	1024,6	1,40
A15	14-15	65,84	0,449	0,004	29,562	116,08	0,53	0,400	0,400	0,3111	0,2345	0,094	0,4591	4,064	0,270	1026	1021	1024,6	1019,6	1,40
A16	12-16	100,00	0,286	0,003	29,833	115,63	0,55	0,330	0,400	0,1858	0,1022	0,041	0,6416	4,065	0,410	1044	1021	1042,6	1019,6	1,40
A17	16-17	33,29	0,187	0,002	30,243	114,95	0,56	0,360	0,400	0,2348	0,1738	0,070	0,7700	4,680	0,119	1021	1016	1019,6	1014,6	1,40
A18	15-17	65,84	0,333	0,003	30,361	114,75	0,59	0,416	0,500	0,1903	0,2435	0,122	0,4800	4,835	0,227	1021	1016	1019,5	1014,5	1,50
A19	17-18	104,70	0,774	0,008	30,588	114,38	0,65	0,471	0,500	0,2643	0,2738	0,137	0,5886	4,146	0,421	1016	1011	1014,5	1009,5	1,50
A21	18-9	63,23	0,315	0,003	31,009	113,70	0,67	0,407	0,400	0,3249	0,2386	0,095	0,4653	4,963	0,212	1011	1004	1009,6	1002,6	1,40
A22	0-19	66,00	0,340	0,003	31,221	113,36	0,70	0,356	0,400	0,2277	0,1311	0,052	0,7496	4,927	0,223	1046	1030	1044,6	1028,6	1,40
A23	19-20	67,35	0,427	0,004	31,444	113,00	0,73	0,378	0,400	0,2667	0,1211	0,048	0,4153	4,170	0,269	1030	1017	1028,6	1015,6	1,40
A24	20-21	100,00	0,544	0,005	31,714	112,58	0,77	0,466	0,600	0,1584	0,1712	0,103	0,5703	4,145	0,402	1017	1010	1015,4	1008,4	1,60
A25	21-22	72,14	0,637	0,006	32,116	111,95	0,81	0,525	0,600	0,2177	0,2975	0,179	0,7100	4,618	0,260	1010	1007	1008,4	1005,4	1,60
A26	22-23	83,17	0,526	0,005	32,376	111,55	0,85	0,482	0,500	0,2813	0,2299	0,115	0,6100	4,536	0,306	1007	1001	1005,5	999,5	1,50
A27	24-23	89,73	0,612	0,006	32,682	111,08	0,89	0,600	0,600	0,3272	0,2679	0,161	0,5637	3,153	0,474	1003	1001	1001,4	999,4	1,60
A28	25-24	97,55	0,855	0,009	33,156	110,36	0,95	0,725	0,800	0,2390	0,3021	0,242	0,7767	2,806	0,579	1004	1003	1002,2	1001,2	1,80
A29	0-25	34,74	0,165	0,002	33,735	109,50	0,96	0,599	0,600	0,3088	0,2603	0,156	0,5345	3,515	0,165	1005	1004	1003,4	1002,4	1,60
A30	9-23	51,50	0,631	0,006	33,900	109,26	1,00	0,534	0,600	0,2275	0,2308	0,138	0,7400	4,614	0,186	1004	1001	1002,4	1001,0	1,60

ANEXO A – Tabela de Relações para Fator Hidráulico de seções circulares

FH de 0,001 a 0,080			FH de 0,081 a 0,250			FH de 0,251 a 0,333		
FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D	FH	RH/D	h/D
0,0001	0,0066	0,01	0,0820	0,1935	0,35	0,2511	0,2933	0,68
0,0002	0,0132	0,02	0,0864	0,1978	0,36	0,2560	0,2948	0,69
0,0005	0,0197	0,03	0,0910	0,2020	0,37	0,2610	0,2962	0,70
0,0009	0,0262	0,04	0,0956	0,2062	0,38	0,2658	0,2975	0,71
0,0015	0,0326	0,05	0,1003	0,2102	0,39	0,2705	0,2988	0,72
0,0022	0,0389	0,06	0,1050	0,2142	0,40	0,2752	0,2998	0,73
0,0031	0,0451	0,07	0,1099	0,2182	0,41	0,2798	0,3008	0,74
0,0041	0,0513	0,08	0,1148	0,2220	0,42	0,2842	0,3017	0,75
0,0052	0,0575	0,09	0,1197	0,2258	0,43	0,2886	0,3040	0,76
0,0065	0,0635	0,10	0,1248	0,2295	0,44	0,2928	0,3038	0,77
0,0080	0,0695	0,11	0,1298	0,2331	0,45	0,2969	0,3036	0,78
0,0095	0,0755	0,12	0,1350	0,2366	0,46	0,3009	0,3040	0,79
0,0113	0,0813	0,13	0,1401	0,2401	0,47	0,3047	0,3042	0,80
0,0131	0,0870	0,14	0,1453	0,2435	0,48	0,3084	0,3043	0,81
0,0152	0,0929	0,15	0,1506	0,2468	0,49	0,3118	0,3043	0,82
0,0173	0,0986	0,16	0,1558	0,2500	0,50	0,3151	0,3040	0,83
0,0196	0,1042	0,17	0,1612	0,2531	0,51	0,3183	0,3038	0,84
0,0220	0,1097	0,18	0,1665	0,2562	0,52	0,3212	0,3033	0,85
0,0246	0,1152	0,19	0,1718	0,2592	0,53	0,3239	0,3026	0,86
0,0273	0,1206	0,20	0,1772	0,2621	0,54	0,3264	0,3018	0,87
0,0301	0,1259	0,21	0,1826	0,2649	0,55	0,3286	0,3007	0,88
0,0331	0,1312	0,22	0,1879	0,2676	0,56	0,3305	0,2995	0,89
0,0362	0,1364	0,23	0,1933	0,2703	0,57	0,3322	0,2980	0,90
0,0294	0,1416	0,24	0,1987	0,2728	0,58	0,3335	0,2963	0,91
0,0427	0,1466	0,25	0,2041	0,2753	0,59	0,3345	0,2944	0,92
0,0461	0,1516	0,26	0,2040	0,2776	0,60	0,3351	0,2921	0,93
0,0497	0,1566	0,27	0,2147	0,2799	0,61	0,3353	0,2895	0,94
0,0543	0,1614	0,28	0,2200	0,2821	0,62	0,3349	0,2865	0,95
0,0572	0,1662	0,29	0,2253	0,2842	0,63	0,3339	0,2829	0,96
0,0610	0,1709	0,30	0,2306	0,2862	0,64	0,3222	0,2787	0,97
0,0650	0,1756	0,31	0,2388	0,2882	0,65	0,3294	0,2735	0,98
0,0691	0,1802	0,32	0,2409	0,2899	0,66	0,3248	0,2666	0,99
0,0733	0,1847	0,33	0,2460	0,2917	0,67	0,3117	0,2500	1,00

Adaptado de Manual de Drenagem Urbana Porto Alegre, 2005