

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
SAMARA GERALDA REIS

IMPACTO DE DIFERENTES PORCENTAGENS DE ÁREA PERMEÁVEL
OBRIGATÓRIA SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE REDES
DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL EM LOTEAMENTOS

FORMIGA – MG
2018

SAMARA GERALDA REIS

IMPACTO DE DIFERENTES PORCENTAGENS DE ÁREA PERMEÁVEL
OBRIGATÓRIA SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE REDES
DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL EM LOTEAMENTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Kátia Daniela Ribeiro.

FORMIGA – MG

2018

R375 Reis, Samara Geralda.

Impacto de diferentes porcentagens de área permeável obrigatória sobre o dimensionamento de redes de coleta de água pluvial em loteamentos / Samara Geralda Reis. – 2018.

68 f.

Orientadora: Kátia Daniela Ribeiro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Hidrologia urbana. 2. Microdrenagem. 3. Uso e ocupação do solo.
I. Título.


CDD 551.48

SAMARA GERALDA REIS

IMPACTO DE DIFERENTES PORCENTAGENS DE ÁREA PERMEÁVEL
OBRIGATÓRIA SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE REDES
DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL EM LOTEAMENTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



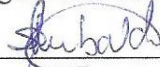
Prof.ª. Dr.ª. Kátia Daniela Ribeiro

Orientadora



Mara Mirtys de Oliveira

Engenheira Civil



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

UFLA-MG

Formiga, 8 de novembro de 2018.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por iluminarem meu caminho, me concedendo força e coragem para enfrentar os obstáculos ao longo dessa caminhada. Aos meus pais, Francisco e Marlene, por todo amor, carinho, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida que, ao longo desse percurso me concederam força, coragem e sabedoria a fim de superar cada obstáculo.

Aos meus pais, Francisco e Marlene, grandes exemplos de minha vida, por todo amor, carinho, dedicação, apoio, incentivo e por sempre confiarem no meu potencial.

Agradeço ao Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi, quem inicialmente me orientou, pela paciência, confiança e conhecimento partilhado.

Finalizo meus agradecimentos, agradecendo de forma singular e especial a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Kátia Daniela Ribeiro, pela qual tenho grande admiração, tanto pessoal, quanto profissional, obrigada por todo carinho, conhecimento partilhado e dedicação.

RESUMO

Um dos principais fenômenos globais é o denominado ciclo hidrológico, o qual permite que a água circule em seus diferentes estados físicos pela superfície, subsolo e atmosfera terrestre. No entanto, o crescente processo de urbanização é responsável por fazer com que a dinâmica de tal ciclo seja alterada, uma vez que as superfícies antes naturais vêm sendo substituídas por superfícies impermeáveis, aumentando de tal maneira o escoamento superficial e reduzindo a capacidade de infiltração do solo, fato esse, que pode propiciar a ocorrência de alagamentos e inundações. Diante desse cenário, faz-se necessário o dimensionamento de estruturas de drenagem pluvial por toda a extensão das áreas urbanas, cuja finalidade é captar e escoar as águas advindas das chuvas, devolvendo-as para os córregos e oceanos. Em contrapartida, a obrigatoriedade da utilização de um percentual de área permeável na esfera urbana, sendo o mesmo estabelecido pelo Plano Diretor Municipal, é em partes de grande importância no dimensionamento dessas estruturas, contribuindo tanto de maneira ambiental quanto socioeconômica, uma vez que permite que parte da água das chuvas infiltre no solo, recarregando os aquíferos, e conseqüentemente reduzindo a vazão do escoamento superficial. Assim, o presente trabalho tem por objetivo realizar um comparativo no dimensionamento das estruturas do sistema de microdrenagem utilizando diferentes percentuais de área permeável obrigatória em um mesmo loteamento, sendo esse hipotético, de uso residencial, composto por 11 quadras, 209 lotes, 04 áreas verdes e 01 área institucional, contemplando uma área total de 129.527,11 m², cuja disposição altimétrica é relativamente íngreme, contando com um desnível máximo equivalente a 24 metros. Para possibilitar tal comparativo foi considerada a mesma divisão das bacias de contribuição. Foram realizados os cálculos necessários de acordo com a literatura pertinente, nos quais observou-se uma variação relativamente pequena na vazão de escoamento superficial, verificando que a mesma diminuía à medida que o percentual de área permeável adotado aumentava, assim, contribuindo com o aumento da capacidade de infiltração do solo na bacia, e, conseqüentemente reduzindo o escoamento superficial. Diante dessa pequena variação na vazão de escoamento superficial nota-se que a mesma não foi suficiente para influenciar no dimensionamento das estruturas, essas permanecendo iguais para ambos os percentuais utilizados.

Palavras-chave: Hidrologia urbana. Microdrenagem. Uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

One of the main global phenomenons is called hydrologic cycle, it allows water to circulate in different physical states in the surface, underground and Earth's atmosphere. However, the growing process of urbanization is responsible to make the dynamic of this cycle to be altered, since the surfaces that once were natural are being replaced by impermeable ones, increasing the superficial flow and reducing the soil's capacity of infiltration, this fact may propitiate the occurrence of floodings. In this scenery, it is necessary the sizing of the pluvial drainage structures in the full extension of urban areas, which function is to capture and leak water that comes from the rains, giving them back to creeks and oceans. On the other hand, the obligatoriness of using a percentage of the permeable area in the urban purview, being established in the Municipal Director Plan, is in parts, of big importance in the sizing of these structures, contributing both in the ambiental and socioeconomic aspect, since it allows part of rain water to infiltrate in the soil, replenishing the aquifers and consequently reducing the superficial outflow. That being said, the present work has as goal to compare the sizing of microdrainage, using different percentages of obligatory permeable area in the same allotment. Thus, the present work aims to perform a comparative in the design of the microdrain system structures using different percentages of permeable area required in a single subdivision, which is hypothetical, for residential use, composed of 11 blocks, 209 lots, 04 green areas and 01 institutional area, covering a total area of 129,527.11 m², whose altimetric disposition is relatively steep, with a maximum difference equal to 24 meters. In order to make such comparison possible, the same division of contribution basins was considered. The necessary calculations were carried out according to the pertinent literature, in which a relatively small variation in the surface flow rate was observed, verifying that it decreased as the percentage of permeable area adopted increased, thus contributing to the increase of soil infiltration capacity in the basin, and consequently reducing runoff. In view of this small variation in the flow of superficial flow, it can be noted that it was not enough to influence the dimensioning of the structures, which remain the same for both percentages used.

Keywords: Urban Hydrology, Microdrainage, Use and occupation of the soil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação das etapas do ciclo hidrológico	16
Figura 2 – Características do balanço hídrico numa bacia urbana	17
Figura 3 – Geometria do escoamento	18
Figura 4 – Mecanismos de gestão de águas pluviais	20
Figura 5 – Representação esquemática de uma bacia de retenção	22
Figura 6 – Representação esquemática de uma bacia de detenção.....	23
Figura 7 – Esquema demonstrativo de reservatórios <i>on-line</i> e <i>off-line</i>	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes tipos de ocupação.....	27
Tabela 2 – Fatores de correção para o escoamento nas sarjetas	42
Tabela 3 – Coeficiente de rugosidade de Manning (n).....	43
Tabela 4 – Fator de redução da capacidade de engolimento das bocas coletoras	46
Tabela 5 – Relação dos coeficientes de enchimento para fator hidráulico de seção circular ...	48
Tabela 6 – Espaçamentos de poços de visita.....	51
Tabela 7 – Comparativo das vazões de escoamento superficial.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo da vazão máxima de escoamento nas sarjetas	56
Gráfico 2 – Comparativo da quantidade de bocas coletoras (BC) combinadas	57
Gráfico 3 – Comparativo dos diâmetros comerciais adotados para a tubulação das galerias ..	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 Ciclo hidrológico	15
4.1.1 Impactos da urbanização sobre a dinâmica do ciclo hidrológico.....	16
4.2 Gerenciamento de águas pluviais no meio urbano	19
4.2.1 Política de uso e ocupação do solo.....	25
4.3 Sistema de drenagem de águas pluviais.....	25
4.3.1 Parâmetros hidrológicos para dimensionamento	26
4.3.1.1 Tempo de retorno	27
4.3.1.2 Intensidade média máxima de precipitação	28
4.3.1.3 Tempo de concentração	29
4.3.1.4 Coeficiente de deflúvio	30
4.3.1.5 Vazão de escoamento superficial.....	30
4.3.2 Microdrenagem.....	31
4.3.2.1 Elementos constituintes do sistema de microdrenagem.....	31
4.3.3 Macrodrenagem.....	33
4.3.3.1 Elementos constituintes do sistema de macrodrenagem	33
5 MATERIAL E MÉTODOS	36
5.1 Caracterização das bacias de contribuição	36
5.1.1 Cálculo das áreas impermeáveis	37
5.1.2 Cálculo dos coeficientes de escoamento superficial	38
5.1.3 Cálculo da diferença de nível.....	38
5.1.4 Cálculo da declividade do talvegue principal.....	38

5.2 Determinação dos parâmetros hidrológicos.....	39
5.2.1 Determinação do tempo de retorno (TR)	39
5.2.2 Determinação do tempo de concentração.....	39
5.2.3 Determinação da intensidade média máxima de precipitação	40
5.2.4 Determinação da vazão de escoamento superficial	40
5.3 Dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de microdrenagem.....	41
5.3.1 Dimensionamento das sarjetas	41
5.3.1.1.1 Verificação da altura da lâmina d'água máxima	43
5.3.1.1.2 Verificação da velocidade do escoamento	44
5.3.2 Dimensionamento das bocas coletoras.....	44
5.3.3 Dimensionamento das galerias	47
5.3.3.1 Verificação do escoamento nas galerias	47
5.3.3.1.1 Verificação da altura da lâmina d'água máxima	50
5.3.3.1.2 Verificação da velocidade no trecho da galeria	50
5.3.4 Poços de visita	51
5.4 Análise dos dados.....	51
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
6.1 Comparativo entre as vazões de escoamento superficial	52
6.2 Comparativos das estruturas do sistema de microdrenagem.....	54
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	60
ANEXO A – Representação gráfica do loteamento em estudo	64
ANEXO B – Representação gráfica da divisão das bacias de contribuição.....	66

1 INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico faz-se fundamental para a manutenção da vida no planeta, sendo, então, um dos mais importantes fenômenos. Acionado pela energia térmica solar juntamente com os movimentos de translação e rotação do planeta, faz com que a água permaneça em constante movimento em seus diferentes estados físicos, circulando naturalmente pela superfície, subsolo e atmosfera terrestre.

No entanto, a dinâmica do ciclo hidrológico vem sendo diretamente impactada e alterada devido ao crescente processo de urbanização, uma vez que as superfícies antes naturais e cobertas por vegetação vem sendo substituídas por edificações e vias pavimentadas, se tornando em grande parte, superfícies impermeáveis, culminando na redução da capacidade de infiltração do solo, e conseqüentemente, aumentando de tal maneira o escoamento superficial das águas pluviais, propiciando a ocorrência de alagamentos e inundações.

Frente a esse cenário faz-se necessário o dimensionamento de estruturas de drenagem pluvial, responsáveis por coletar e escoar as águas advindas das chuvas, de maneira a evitar e minimizar a ocorrência de alagamentos e inundações. Para tal dimensionamento é necessário o conhecimento e definição de alguns parâmetros, tais como: intensidade média máxima de precipitação, vazão das bacias contribuintes consideradas, tempo de retorno, tempo de concentração, percentual de área permeável obrigatória, dentre outros.

Em cada município podem ser estabelecidas, a partir de seus Planos Diretores, as diretrizes de uso e ocupação do solo, no qual é obrigatória a existência de um percentual de área permeável, essa podendo variar de um município para outro, porém sendo de extrema importância, uma vez que possibilita que uma parte da água das chuvas infiltre no solo, recarregando os aquíferos e reduzindo de tal maneira o escoamento superficial, contribuindo para o dimensionamento dessas estruturas de drenagem.

O dimensionamento do sistema de microdrenagem das águas pluviais é, portanto, influenciado pelos percentuais de área permeável da bacia de contribuição e, conhecer a interação entre esses parâmetros, torna-se importante quando se objetiva oferecer uma solução mais vantajosa e gerar menos impacto tanto ambiental quanto socioeconômico, aliado ao bem estar da população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar o dimensionamento do sistema de microdrenagem de águas pluviais de um loteamento, considerando diferentes porcentagens de área permeável obrigatória.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as bacias de contribuição e o sentido do escoamento superficial;
- Determinar os parâmetros hidrológicos necessários ao dimensionamento dos sistemas de microdrenagem, tais como: tempo de retorno, intensidade média máxima de precipitação, tempo de concentração e vazão de escoamento superficial; e
- Comparar os resultados obtidos no dimensionamento das estruturas de microdrenagem de acordo com as respectivas porcentagens de áreas permeáveis obrigatórias utilizadas.

3 JUSTIFICATIVA

O acentuado processo de urbanização que ocorreu no país desde a década de 60 tem sido o principal responsável em substituir as superfícies naturais por superfícies impermeáveis. Com isso, há uma redução significativa da capacidade de infiltração do solo, contribuindo dessa maneira, para o aumento da vazão do escoamento superficial nas áreas urbanizadas, além de contribuir na redução da recarga dos aquíferos, sendo então, necessária e obrigatória a adoção de áreas permeáveis.

A área permeável a ser considerada no dimensionamento das estruturas de drenagem pluvial é estabelecida pelo Plano Diretor de cada município, podendo variar de um município para outro, sendo a mesma de tamanha relevância, uma vez que, ao permitir a infiltração de parte da água pluvial no solo contribui para a recarga dos aquíferos e, também para a redução dos impactos advindos do aumento da vazão do escoamento superficial, diminuindo dessa maneira, a ocorrência de alagamentos e inundações.

O dimensionamento das estruturas do sistema de microdrenagem utilizando diferentes porcentagens de áreas permeáveis permite analisar e comparar os impactos originados em cada uma das respectivas situações, contribuindo para identificar qual dos percentuais considerados gera um menor impacto tanto no âmbito ambiental quanto socioeconômico, a fim de possibilitar o desenvolvimento urbano, de modo a assegurar o bem estar da população.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Ciclo hidrológico

Segundo Gribbin (2009), o ciclo natural da água caracteriza-se por ser um processo dinâmico, sendo a natureza a grande responsável por sua reciclagem. A água que esco superficialmente provém dos oceanos e à eles retornam. Este constante ciclo é denominado ciclo hidrológico. É impulsionado fundamentalmente por alguns fatores, tais como: energia térmica solar, responsável por aquecer, fazendo com que a água dos rios, lagos e oceanos evapore; a força dos ventos, responsável por transportar o vapor d'água para os continentes e a força da gravidade, responsável pelos estágios de precipitação, infiltração e deslocamento das massas de água (TUNDISI, 2003).

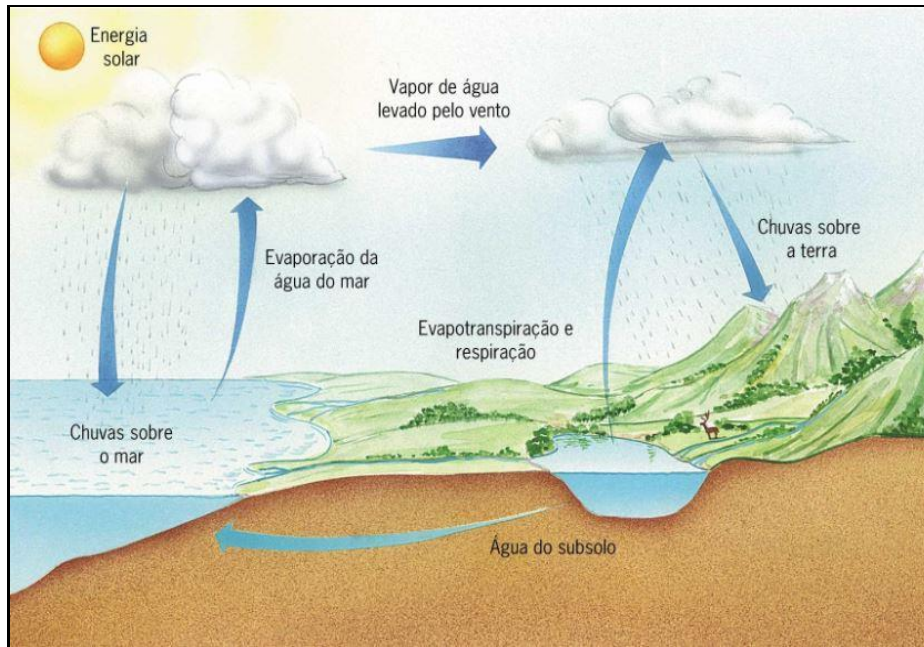
O ciclo hidrológico é um fenômeno considerado fechado em nível global, uma vez que a água precipitada pode evaporar, condensar e precipitar novamente antes de retornar ao oceano, compreendendo um subciclo em escala regional. Devido aos contínuos movimentos do planeta, tanto na atmosfera quanto na superfície terrestre, os volumes evaporados em um determinado local não precipitam necessariamente neste mesmo local (SILVEIRA, 2000; COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

A energia térmica solar é a grande responsável por acionar o ciclo hidrológico, aquecendo e fazendo com que a água dos rios, lagos e oceanos evapore e ocorra nas plantas e animais, a transpiração seguida da evaporação, fenômeno denominado evapotranspiração (VIOLA, 2008). Na atmosfera, em contato com temperaturas baixas, a água evaporada, condensa-se, formando gotículas que ao se aglomerarem formam as nuvens que, quando densas, precipitam-se na forma de chuva, neve ou granizo, dependendo das condições climáticas locais (GRIBBIN, 2009).

Ao atingir a superfície terrestre, a água precipitada pode percorrer caminhos distintos: escoando superficialmente até desaguar em um curso d'água ou infiltrando nos solos e rochas por meio de seus poros, fissuras e fraturas, recarregando de tal maneira os lençóis freáticos e aquíferos. Essa água subterrânea pode ressurgir na superfície na forma de nascentes ou sendo novamente descarregada nos lagos e oceanos. No entanto, nem toda a água precipitada alcança necessariamente a superfície terrestre, podendo durante sua queda ser interceptada pela cobertura vegetal, evaporando-se novamente antes de atingir o solo (MELLO; SILVA, 2013).

O funcionamento do ciclo hidrológico pode ser visto de maneira esquemática na FIG.1.

Figura 1 – Representação das etapas do ciclo hidrológico



Fonte: CULTURAMIX (2013).

O ciclo hidrológico pode ser considerado equilibrado, em condições naturais, entretanto, devido ao crescente processo de urbanização, alguns fatores são responsáveis por desencadear inúmeras modificações em sua dinâmica, podendo gerar alguns impactos no meio urbano (FRITZEN; BINDA, 2011).

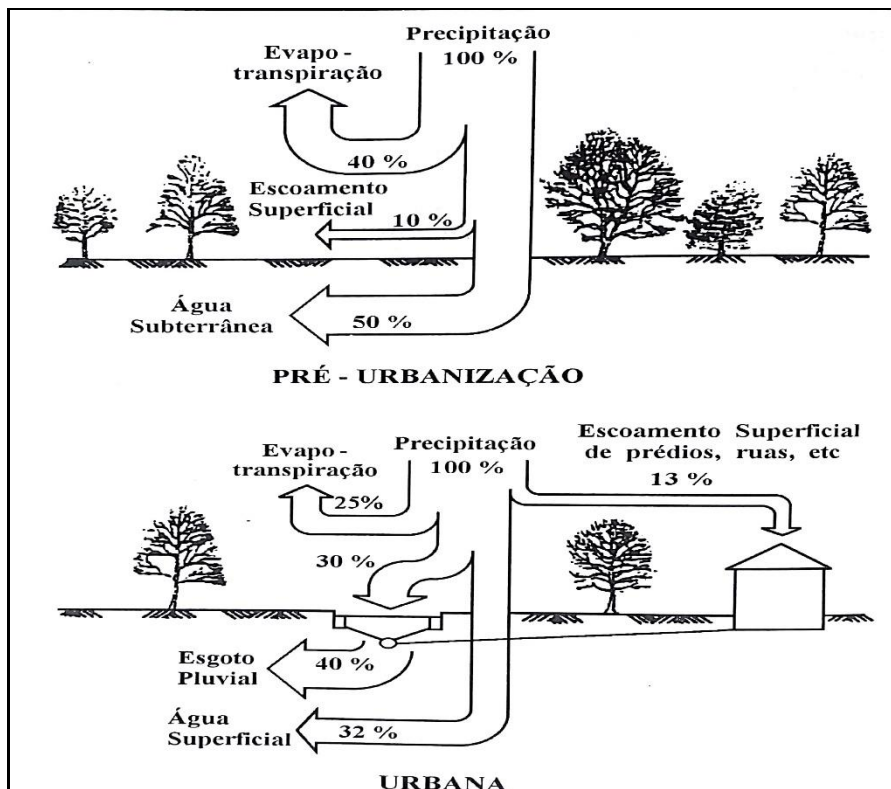
4.1.1 Impactos da urbanização sobre a dinâmica do ciclo hidrológico

De acordo com Tucci (2003, 2008), ocorreu no Brasil, a partir do final da década de 60, um acentuado processo de urbanização, incentivado por investimentos estatais que visavam à expansão agrícola e industrial, estimulando dessa forma, o êxodo rural. A urbanização, porém, processou-se de forma desordenada e sem planejamento, compreendendo uma população urbana com pouco mais de 50% no ano de 1970, aumentando significativamente para 83% na virada do milênio. As consequências desse acelerado processo de urbanização impactaram diretamente a dinâmica do ciclo hidrológico.

As superfícies antes naturais, permeáveis e cobertas por vegetação foram sendo substituídas por edificações e vias pavimentadas, se tornando em grande parte, superfícies

impermeáveis, culminando na redução da capacidade de infiltração do solo, diminuindo a recarga dos lençóis freáticos e aquíferos, reduzindo dessa forma o escoamento subterrâneo, e, conseqüentemente aumentando o escoamento superficial (FIG. 2). Conduitos e canais pluviais foram construídos para conduzir o escoamento superficial, tornando-o mais rápido e reduzindo seu tempo de deslocamento, o que contribuiu para o crescimento das vazões máximas de cheia, essas, podendo atingir um pico de 6 vezes maior se comparado ao pico de uma bacia hidrográfica que se encontra em condições naturais, potencializando de tal maneira a ocorrência de alagamentos e inundações (TUCCI et al., 2000; MELLO; SILVA, 2013).

Figura 2 – Características do balanço hídrico numa bacia urbana

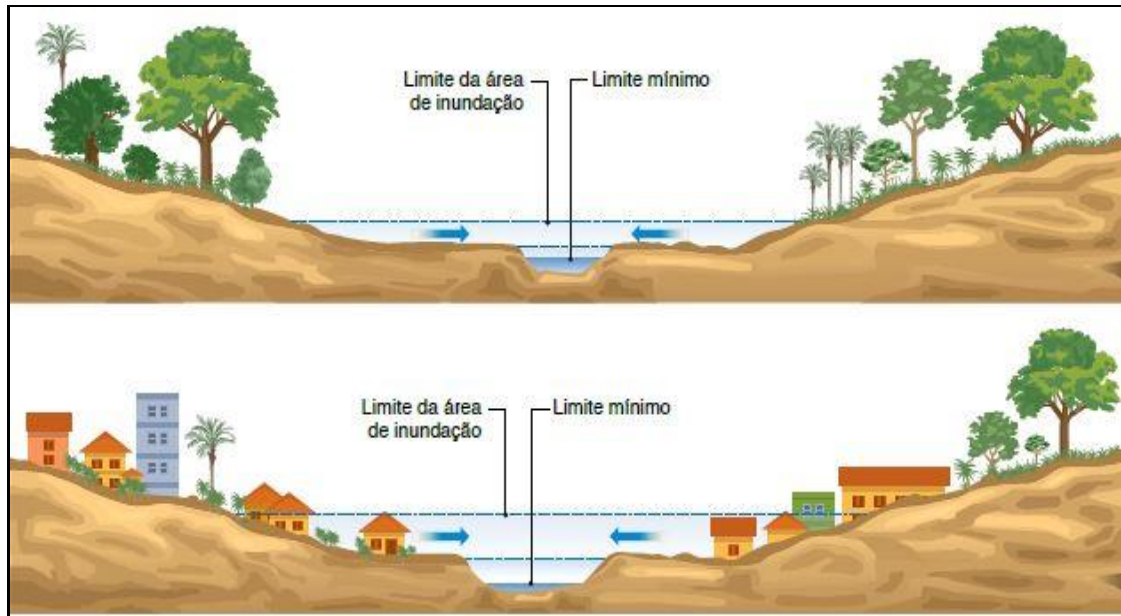


Fonte: OECD (1986), apud TUCCI; BRAGA (2003).

Tucci (2015) menciona que as enchentes no meio urbano podem ser decorrentes de dois principais processos, podendo ocorrer individualmente ou de forma integrada, sendo divididas quanto à causa em: enchentes devido à urbanização e enchentes em áreas ribeirinhas. As enchentes advindas da urbanização ocorrem devido à ocupação inadequada e sem planejamento, gerando superfícies impermeáveis, ocasionando o aumento do escoamento superficial e redução no seu tempo de concentração. Enquanto que as enchentes em áreas ribeirinhas ocorrem de maneira natural, uma vez que os rios ocupam seu leito maior na

ocorrência de eventos extremos, atingindo a população que essas áreas ocupam, conforme mostra a FIG. 3.

Figura 3 – Geometria do escoamento



Fonte: PRÊMIO JOVEM CIENTISTA (2011).

O desenvolvimento urbano também contribui para a redução da evapotranspiração, devido à substituição da cobertura natural, uma vez que a superfície impermeabilizada não consegue reter a água como a superfície natural coberta por vegetação, impedindo de tal maneira a evapotranspiração das folhagens e do solo, além de gerar aumento da produção de sedimentos devido à desproteção da superfície e à produção de resíduos, podendo provocar deterioração da qualidade da água devido à lavagem das ruas, transporte do material sólido e possíveis vazamentos das redes de esgoto cloacal e pluvial (TUCCI, 2005).

Ainda de acordo com Tucci (2015), outra consequência ocasionada pela urbanização é o aumento da temperatura, proveniente das superfícies impermeáveis que, devido à sua cor, absorvem mais energia térmica solar, aumentando sua emissão de volta para o ambiente, produzindo dessa maneira as chamadas ilhas de calor na parte central dos centros urbanos, locais onde predominam o asfalto e o concreto. A intensificação da evaporação associada ao aumento da formação dos núcleos de condensação advindos das atividades humanas resulta no aumento das precipitações nesses mesmos locais.

O desenvolvimento econômico juntamente com a complexidade das organizações dispostas no meio urbano causam inúmeras alterações no ciclo hidrológico, na qualidade da

água e no balanço hídrico quantitativo. De acordo com as condições de cada localidade em função de características como o tipo de solo, cobertura, geologia, pluviosidade e clima, as proporções dessas alterações variam. Nas bacias cuja cobertura é rochosa e pouco permeável, possivelmente, as alterações relativas serão mínimas, no entanto, nas bacias cuja cobertura é permeável e o escoamento superficial baixo, as alterações poderão ser significativas, agravando os impactos (TUNDISI, 2006; TUCCI, 2015).

4.2 Gerenciamento de águas pluviais no meio urbano

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida no planeta, estando presente na grande parte das atividades humanas, entretanto, o aumento da população mundial se tornou um agravante em relação à demanda de água, aumentando ao longo dos anos o consumo médio por habitante e a variedade dos usos dos recursos hídricos, gerando dessa maneira vários conflitos entre os usuários, fazendo-se necessária uma eficiente gestão dos recursos hídricos para assim promover o bem-estar da sociedade (LANNA, 2000; VIOLA, 2008).

Segundo Miranda, Gomes e Silva (2006), o principal objetivo da gestão dos recursos hídricos é promover a recuperação e a preservação da qualidade desses recursos nas bacias hidrográficas juntamente com o uso sustentável das águas, suprimindo as atuais necessidades sem comprometer as gerações futuras, a fim de que essas também tenham suas necessidades supridas por meio de uma água de boa qualidade, beneficiando de tal maneira, não apenas o homem, mas também o meio ambiente.

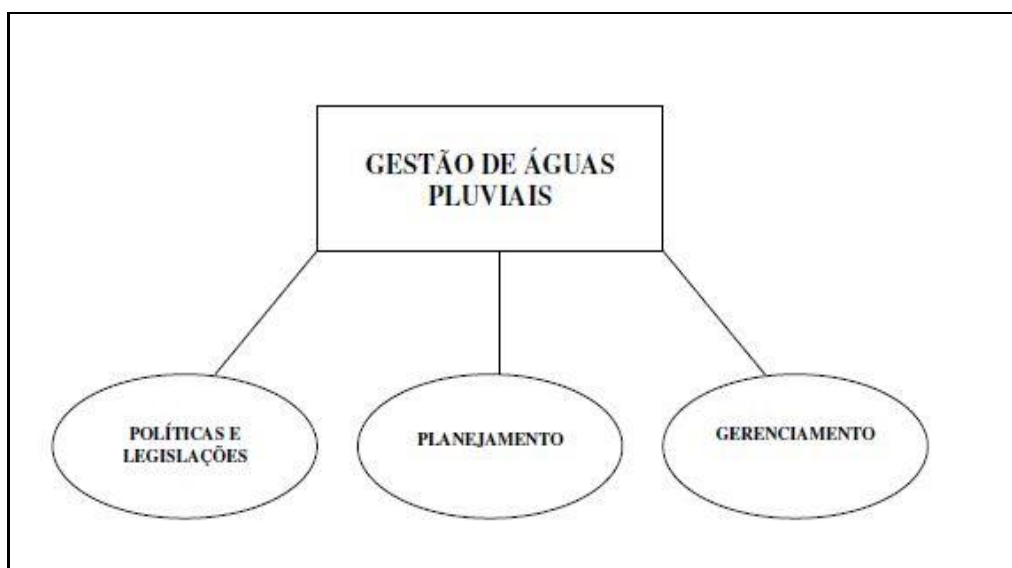
Segundo Viola (2008), uma das principais preocupações dos setores públicos em relação aos recursos hídricos concentra-se no setor de saneamento, mais precisamente, na drenagem das águas pluviais, que em decorrência de sua ineficiência se torna responsável por acarretar danos imediatos, visíveis e de notável prejuízo nos meios urbanos através de alagamentos, inundações e deterioração da qualidade dessas águas, o que torna necessária a implantação de uma gestão que caminhe de forma integrada entre as gestões de uso e ocupação do solo, saneamento e de recursos hídricos.

Martins (2012) menciona que toda bacia hidrográfica é constituída, de acordo com o tipo de solo, a declividade, a cobertura vegetal e demais características, por um sistema de elementos de drenagem composto por rios, córregos, riachos, pântanos e várzeas, naturalmente formados e alimentados em função das precipitações e das próprias características do terreno. A intensa ocupação do solo urbano promoveu consideráveis

alterações no sistema natural de drenagem por meio principalmente da introdução de elementos artificiais e do aumento das descargas, necessitando então, de uma implantação de um sistema que seja capaz de garantir o funcionamento do sistema viário e possibilite o acesso aos lotes e habitações, proporcionando qualidade de vida aos indivíduos desse meio.

A gestão das águas pluviais é composta pela elaboração de políticas e legislações, fundamentadas em diretrizes, procedimentos e princípios, pelo planejamento, responsável em propor a configuração funcional e administrativa para tal processo e por um sistema de gerenciamento, sendo esse constituído por um conjunto de organizações e, instalações privadas e governamentais, tendo como principal intuito o cumprimento da política, visando garantir a disponibilidade hídrica e um eficiente sistema de drenagem, assegurando que o desenvolvimento ocorra de forma sustentável, proporcionando a preservação dos meios físico, biótico e de todos os grupos sociais (SILVA; PRUSKI,2005; VIOLA, 2008). Esta concepção, é apresentada de forma esquematizada na FIG. 4.

Figura 4 – Mecanismos de gestão de águas pluviais



Fonte: VIOLA (2008).

De acordo com Tucci (2012), a estrutura da gestão integrada das águas urbanas pode ser descrita da seguinte maneira:

- Planejamento urbano: estabelece o uso e ocupação do solo urbano de acordo com a necessidade dos elementos de infraestrutura;

- Serviços de saneamento: engloba os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos e drenagem urbana;
- Metas de serviços: almeja a preservação do meio ambiente das áreas urbanas e a melhoria na qualidade de vida dos indivíduos, buscando reduzir as cheias e eliminar a propagação de doenças de procedência hídrica; e
- Institucional: fundamenta-se no gerenciamento de serviços, legislações, capacitação e inspeção de forma geral.

Segundo Tucci (2012, 2015), as políticas de controle dos impactos gerados pelas águas pluviais instituem as medidas de controle, objetivando minimizar os impactos causados pelas inundações, sendo classificadas, conforme sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais. As medidas de controle podem ser utilizadas de maneira associada ou isoladamente, variando conforme as necessidades de cada área.

Ainda de acordo com os autores supracitados, as obras de engenharia buscam corrigir e/ou prevenir os problemas ocasionados pelas enchentes, compreendendo as medidas de controle estruturais. No atual cenário de desenvolvimento urbano são utilizadas medidas de controle estruturais sustentáveis, cujo propósito é reter o escoamento por meio de infiltração ou armazenamento, seja na fonte, na microdrenagem ou na macrodrenagem, sendo adotadas de acordo com as condições do cenário e estágio de desenvolvimento analisados em cada área.

Na fonte, as medidas de controle atuam nas fases iniciais de desenvolvimento, à nível de lotes, parques, estacionamentos, praças e passeios, buscando controlar a vazão máxima por meio de pequenos reservatórios de retenção ou ainda por meio de pavimentos e áreas permeáveis, responsáveis por receber e absorver a água vinda das áreas impermeáveis, recuperando dessa maneira a capacidade de infiltração do solo da bacia e, conseqüentemente, possibilitando o abastecimento dos reservatórios naturais subterrâneos (TUCCI, 2003).

Na microdrenagem, a medida de controle consiste em captar as águas do escoamento superficial provenientes de um ou mais loteamentos, conduzindo-as por meio de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano. Porém, essa medida contribui para o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, uma vez que ocorre redução no seu tempo de concentração devido às condições existentes, podendo, dessa maneira, provocar inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem (TUCCI, 2015).

Na macrodrenagem, o controle das vazões pode ser realizado por dois tipos de medidas: estruturais e não estruturais. As medidas de controle estruturais são realizadas por

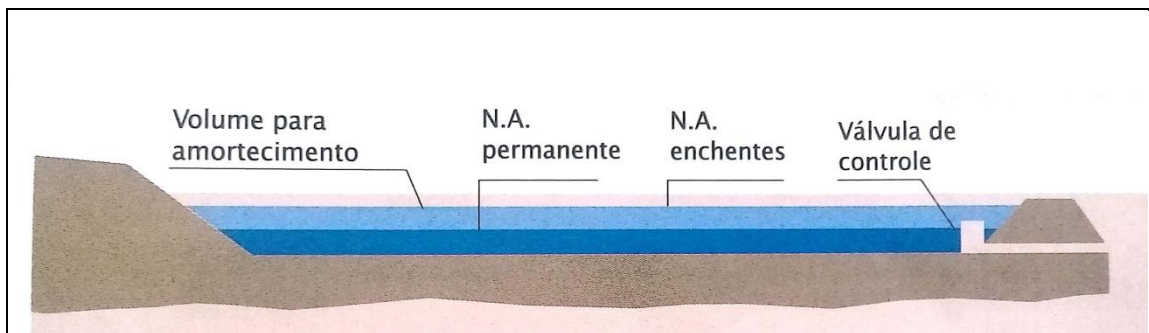
meio de obras hidráulicas, como diques e *polders*, responsáveis por acelerar o escoamento, aumentando dessa maneira a capacidade de descarga dos rios, reservatórios de detenção, responsáveis por retardar o escoamento e as canalizações, responsáveis por desviar o escoamento. Já as medidas de controle não estruturais correspondem à elaboração de normas, regulamentos e implantação de programas por meio da regulamentação do uso e ocupação do solo, conscientização da população e instalação de sistemas de alerta e previsão de inundações (TUCCI, 2015).

Tucci (2005) explica que devido ao aumento da impermeabilização e instalação de canalizações nas áreas urbanas, gera-se o aumento da vazão máxima, necessitando a utilização de estruturas de amortecimento para os volumes gerados, por meio de dispositivos como: tanques e reservatórios, seja de retenção ou detenção, fazendo com que esse acréscimo de vazão não seja transferido para a jusante. A principal finalidade dessas estruturas é minimizar o impacto hidrológico ocasionado pela redução da capacidade de armazenamento natural da bacia.

De acordo com Canholi (2005), as estruturas de reservação podem ser divididas em:

- **Bacias de retenção:** são reservatórios cuja superfície detém uma lâmina permanente de água, a fim de evitar o crescimento de vegetação no fundo e reduzir o nível de poluição transferida para a jusante, tornando-o eficiente ao se tratar do controle de qualidade das águas pluviais. Durante as cheias ou imediatamente após sua ocorrência, o nível da lâmina d'água eleva-se temporariamente acima dos níveis normais (FIG. 5). Entre suas finalidades pode-se destacar: o abastecimento de água, as atividades recreacionais, o paisagismo, entre outras.

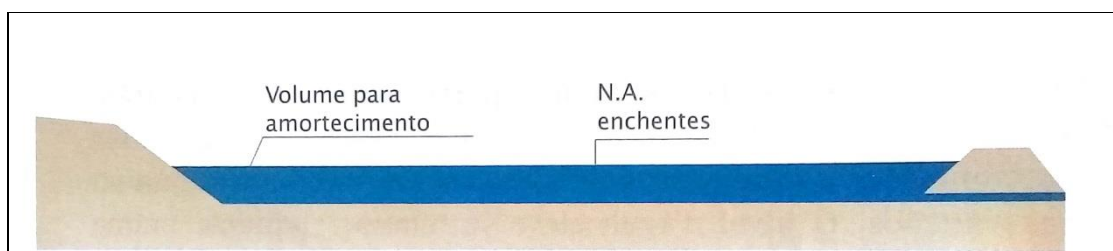
Figura 5 – Representação esquemática de uma bacia de retenção



Fonte: CANHOLI (2005).

- Bacias de retenção: são reservatórios cujas áreas geralmente são mantidas secas durante o período de estiagem, mas projetados com a finalidade de reter as águas superficiais durante e após as chuvas (FIG. 6). O tempo de retenção é de curto prazo, geralmente, em menos de 24 horas, ocorrendo atenuação no valor do pico de saída em relação ao de entrada, reduzindo dessa maneira o potencial erosivo nos corpos receptores. Após seu completo esvaziamento, essas áreas podem ser utilizadas para fins recreacionais.

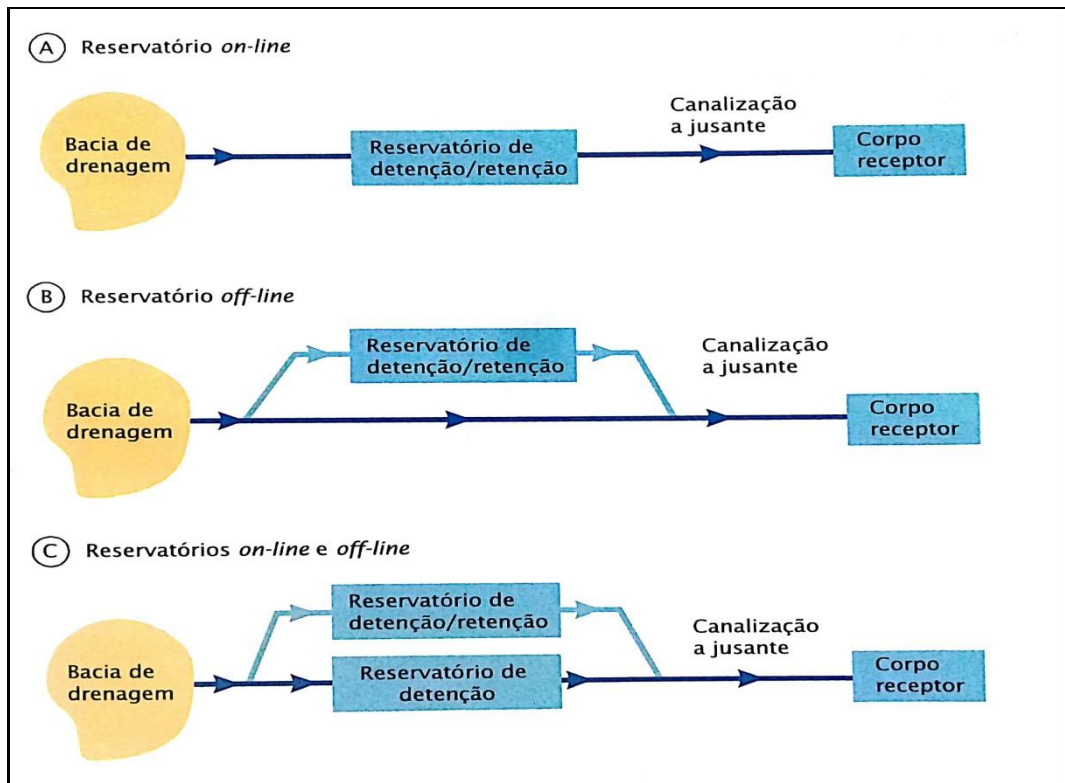
Figura 6 – Representação esquemática de uma bacia de retenção



Fonte: CANHOLI (2005).

Ainda de acordo com o autor supracitado, os principais tipos de estruturas de reservação são conhecidos como: reservatórios *on-line* e *off-line*, podendo funcionar de forma integrada (FIG.7). Normalmente por gravidade e de maneira contínua, os reservatórios *on-line* são implantados na linha principal do sistema, retornando o escoamento de forma moderada e retardada ao sistema de drenagem. Enquanto, os reservatórios *off-line* são implantados paralelamente ao sistema, captando e retendo da rede de drenagem principal, durante as cheias, o excesso de água, sendo esse volume devolvido normalmente por meio de bombeamento ou válvulas controladoras após reduzidos os picos de vazão.

Figura 7 – Esquema demonstrativo de reservatórios *on-line* e *off-line*



Fonte: CANHOLI (2005).

As estruturas de reservação ainda podem demandar finalidade múltipla, compreendendo o controle da qualidade da água, fazendo-se necessária a utilização de ambos os reservatórios, conectando um reservatório *off-line*, sendo sua finalidade reter os volumes iniciais do escoamento, contendo geralmente nesse estágio uma carga maior de poluentes, provenientes da lavagem de ruas e edificações, ao reservatório permanente *on-line* (CANHOLI, 2005).

Outro sistema utilizado como medida de controle estrutural é o denominado *polder*, formado por um conjunto de diques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento, visando proteger as áreas ribeirinhas localizadas em cotas inferiores às dos níveis de água durante os períodos propícios a enchentes. Durante as chuvas intensas, os diques são responsáveis por isolar as áreas que possivelmente seriam afetadas, sendo o volume escoado na superfície captado pelas redes de drenagem e depositados em reservatórios e posteriormente bombeado, sendo novamente lançado ao corpo receptor após o período do pico de vazão (CANHOLI, 2005; TUCCI, 2005).

4.2.1 Política de uso e ocupação do solo

As ações de regulamentação de uso e ocupação do solo são de suma importância para o desenvolvimento e qualidade de vida no meio urbano, buscando prevenir os impactos causados pelo aumento do escoamento superficial advindo da intensa taxa de impermeabilização e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, condições que implicam na sobrecarga da capacidade natural de armazenamento e no escoamento das calhas dos rios, gerando inundações e alagamentos (CANHOLI, 2005).

De acordo com Tucci (2005), cabe ao governo municipal definir as regulamentações do uso e ocupação do solo, elaborando o Plano Diretor, que trata de um instrumento técnico-jurídico cuja finalidade é planejar e organizar de forma sustentável o desenvolvimento socioeconômico dos meios urbanos, visando promover o bem-estar e segurança da sociedade, a preservação do meio ambiente, além de evitar prejuízos econômicos.

O Plano Diretor é responsável em dispor regulamentações e normas do parcelamento e ocupação do solo, estabelecendo quais as áreas podem ser adensáveis, além de estipular a taxa de permeabilidade, taxa essa que corresponde ao percentual de área livre de qualquer tipo de edificação no lote, visando reduzir o escoamento superficial e aumentar a infiltração da água no solo urbano, abastecendo os reservatórios subterrâneos, buscando dessa maneira, minimizar os efeitos gerados devido à ocorrência de alagamentos e inundações, responsáveis por prejuízos socioeconômicos e ambientais (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, 2012).

4.3 Sistema de drenagem de águas pluviais

O termo drenagem urbana é definido como o conjunto de medidas cujo propósito é proporcionar segurança e qualidade de vida para as populações, reduzindo os riscos a que as mesmas estão expostas, diminuindo os prejuízos causados por alagamentos e inundações, e, possibilitando que ocorra dessa maneira, um desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (PORTO et al., 2009 apud SANTOS JÚNIOR, 2014).

De acordo com Azevedo Neto e Fernández (2015) é fundamental a conscientização da população para que os custos possam ser reduzidos, sejam esses provenientes dos prejuízos causados por inundações ou pelas execuções das estruturas que constituem o sistema de drenagem, fazendo-se necessária a destinação de espaços para infiltração, retenção/acumulação e para o escoamento das águas pluviais, evidenciando a importância

tanto econômica quanto ambiental dos parques, jardins e áreas verdes no solo urbano em geral, e, principalmente, às margens dos cursos d'água.

Independentemente da existência ou não de um sistema de drenagem adequado ocorre o escoamento superficial das águas pluviais, podendo esse ser agravado na ocorrência de um sistema deficiente ou até mesmo na falta desse, fazendo com que as águas advindas das chuvas tenham maior tendência em se acumular ou escoar pelas superfícies impermeabilizadas, podendo ocasionar alagamentos e inundações (TOMINAGA, 2013).

A drenagem urbana é dividida em dois principais sistemas: a microdrenagem e a macrodrenagem, na maioria das vezes, podendo ser complexa a distinção de ambos. A microdrenagem é constituída por um conjunto de elementos responsáveis por captar e conduzir o escoamento superficial das águas pluviais, enquanto a macrodrenagem é responsável por receber as águas vindas dos diversos elementos da microdrenagem, por meio de um conjunto de coletores, os quais conduzem essa água para os rios e córregos (TUCCI et al., 2000; BARROS, 2005 apud SANTOS JÚNIOR, 2014; TUCCI, 2007 apud SANTOS JÚNIOR, 2014).

Os sistemas de drenagem englobam as calhas das vias públicas, galerias, escadarias, rampas e todas as demais estruturas constituintes dos sistemas até chegar ao ponto final de drenagem, local onde acontece o deságue do escoamento nos corpos hídricos receptores. Essas estruturas tem por objetivo evitar erosões nos terrenos e pavimentos, minimizar alagamentos nas calhas viárias de forma a eliminar o acúmulo das águas pluviais nos níveis mais baixos e acomodar a chegada dessas águas nos rios (BOTELHO, 1998 apud SANTOS JÚNIOR, 2014).

4.3.1 Parâmetros hidrológicos para dimensionamento

Os estudos e pesquisas da hidrologia urbana são fundamentais para o conhecimento mais profundo dos reais problemas das águas pluviais urbanas, fazendo-se também necessário o levantamento de parâmetros e análises dos eventos hidrológicos, buscando novas abordagens que possibilitem um fácil e evoluído entendimento do ambiente urbano, possibilitando o dimensionamento de um eficiente sistema de drenagem pluvial (RIGHETTO et al., 2009).

A elaboração de um projeto de drenagem pluvial inicia-se no estudo da bacia hidrográfica em questão, sendo necessário analisar e definir alguns parâmetros hidrológicos como: tempo de retorno, intensidade média máxima de precipitação, tempo de concentração,

coeficiente de deflúvio e vazão de escoamento superficial, para então, dimensionar os elementos constituintes do sistema (DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA, 1999).

4.3.1.1 Tempo de retorno

O tempo de retorno ou período de recorrência é definido como o tempo médio em que um evento hidrológico pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez durante um espaço de tempo em anos, onde possivelmente ocorrerá um fenômeno de maior intensidade, sendo esse um parâmetro de tamanha importância no dimensionamento das estruturas, de forma que elas suportem esses fenômenos sem apresentar qualquer tipo de risco (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2005).

O tempo de retorno representa o grau de proteção que é conferido à população, porém, sua escolha gera inúmeras dificuldades, devido à heterogeneidade das características de cada local, fazendo com que na maioria das vezes, sua escolha recaia em valores recomendados na literatura, a qual tem um tempo fixado para cada tipo de ocupação (TAB.1). Deve ser lembrado, durante a escolha, que quanto maior for o tempo de retorno utilizado, mais robusta será a estrutura, tornando sua execução mais onerosa (PORTO, 2000 apud TOMINAGA, 2013; DNIT, 2005).

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes tipos de ocupação

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais artérias de tráfego	5 – 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Porto (1995) apud Tominaga (2013).

Apenas a escolha do tempo de retorno não é suficiente para garantir a segurança da obra, sendo importante calcular o risco hidrológico, esse representando pela probabilidade de determinada obra vir a falhar ao menos uma vez durante sua vida útil, porém, esse conceito, leva em consideração que ao projetar uma obra para um tempo de retorno TR, a mesma será exposta todo ano a uma probabilidade $1/TR$ de vir a falhar (MELLO; SILVA, 2013; PORTO, 1995 apud TOMINAGA, 2013). O risco hidrológico é determinado através da Equação 1.

$$R = 100 \times \left[1 - \left(1 - \frac{1}{TR} \right)^N \right] \quad (1)$$

Onde:

R – Risco hidrológico (%);

TR – Tempo de retorno (anos); e

N – Vida útil da obra (anos).

4.3.1.2 Intensidade média máxima de precipitação

A intensidade média máxima de precipitação é definida como a quantidade precipitada de chuva por unidade de tempo, sendo esse tempo correspondente ao tempo de concentração, para um período de retorno e duração, os quais são previstos e estabelecidos durante a elaboração do projeto de drenagem pluvial (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

De acordo com Carvalho (2008), a intensidade de precipitação está relacionada ao tamanho da bacia de contribuição, na qual uma chuva de grande intensidade ocorre em pequenas áreas em um curto intervalo de tempo, enquanto, uma chuva de baixa intensidade ocorre em extensas áreas por um intervalo de tempo maior.

De acordo com Pruski, Brandão e Silva (2004), a Equação 2 é utilizada para relacionar a intensidade, duração e frequência de precipitação para a localidade desejada:

$$I = (K \times TR^a) / (t + b)^c \quad (2)$$

Onde:

I – Intensidade média máxima de precipitação (mm/h);

TR – Tempo de retorno (anos);

t – duração da precipitação (min); e

K, a, b, c – Parâmetros empíricos de ajuste (adimensional).

Para o dimensionamento de obras hidráulicas, tais como galeria, sistema de drenagem, vertedores, entre outros, é fundamental o conhecimento dos parâmetros empíricos de ajuste, esses variando de acordo com cada localidade (K, a, b, c), além das três grandezas que caracterizam uma precipitação, sendo elas, intensidade, duração e frequência (PEREIRA et al., 2007).

4.3.1.3 Tempo de concentração

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido como o intervalo de tempo, contado a partir do início da precipitação, em que a água localizada no ponto mais distante da bacia leva para percorrer e chegar até a sua seção principal, seja na foz do rio, riacho ou córrego, momento em que toda a bacia correspondente começa a contribuir com a vazão na seção considerada (CANHOLI, 2005).

Collischon e Dornelles (2015) mencionam que o tempo de concentração depende tanto da extensão total em que a água deve percorrer quanto da velocidade na qual escoar, sendo assim, o tempo de concentração nas bacias grandes é maior, devido às grandes extensões pelas quais a água deve percorrer, conseqüentemente sendo menor em bacias pequenas e montanhosas e maior em bacias planas, devido à velocidade de escoamento.

Existe uma ampla quantidade de fórmulas para o cálculo do tempo de concentração em função das características próprias das bacias, como área, declividade, comprimento do talvegue, rugosidade da superfície, entre outras, e, conseqüentemente, da intensidade da chuva. Tais fórmulas são originadas a partir de estudos experimentais, realizados em laboratórios ou em campo, devendo ser aplicadas em condições que melhor se aproximem daquelas para as quais foram determinadas (TUCCI et al., 2000).

Ainda de acordo com os autores supracitados, a determinação do tempo de concentração por meio de fórmulas empíricas se torna sujeita a imprecisões e incertezas

significativas, uma vez que cada fórmula procura representar um tipo de escoamento conforme determinadas características.

4.3.1.4 Coeficiente de deflúvio

O coeficiente de deflúvio, também conhecido como coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* é definido como a razão entre o volume total escoado superficialmente e o volume total precipitado em uma bacia, referindo-se a uma dada precipitação ou a todas as precipitações ocorridas em um determinado intervalo de tempo, sendo o crescimento da intensidade e a duração da precipitação responsáveis pelo aumento de tal coeficiente (PINTO et al., 2008).

A impermeabilização advinda da urbanização é um fator que influencia diretamente no coeficiente de deflúvio, sendo que para sua obtenção se faz necessário a identificação e a contabilização das áreas que sofreram algum tipo de alteração em suas coberturas naturais, dessa forma, o coeficiente varia de acordo com o percentual de impermeabilização da bacia (PACHECO et al., 2017).

Por sua vez, o coeficiente de deflúvio é utilizado no Método Racional ao ser multiplicado pela intensidade média máxima de precipitação e pela área da respectiva bacia, possibilitando a obtenção da vazão máxima de escoamento (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

4.3.1.5 Vazão de escoamento superficial

A vazão máxima de escoamento é utilizada para a realização da previsão de enchentes, tratando-se de um parâmetro fundamental na elaboração e dimensionamento dos projetos das obras hidráulicas, tais como canais, condutos, entre outras. No dimensionamento, as vazões devem ser consideradas dentro das condições mais desfavoráveis, podendo dessa maneira, determinar o risco do projeto de acordo com os objetivos do mesmo, explorando as situações mais críticas, a fim de promover um eficiente sistema de drenagem, evitando inundações (TUCCI, 2000).

4.3.2 Microdrenagem

O sistema de microdrenagem é composto por uma rede de condutos pluviais e canais, os quais iniciam a captação das águas advindas do escoamento superficial à nível dos loteamentos ou da rede primária urbana, conduzindo-as até o sistema de macrodrenagem. Esse tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de eventos hidrológicos de risco moderado (TOMINAGA, 2013).

O adequado dimensionamento do sistema de microdrenagem e sua periódica manutenção, por meio da constante limpeza e desobstrução de seus elementos constituintes, resultam no bom funcionamento do sistema, proporcionando melhores condições de vida para a sociedade, além de minimizar a ocorrência e intensidade de alagamentos e inundações no meio urbano (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA - FCTH, 1999 apud TOMINAGA, 2013).

4.3.2.1 Elementos constituintes do sistema de microdrenagem

O sistema de microdrenagem é constituído por uma série de elementos básicos com as correspondentes terminologias e características (TUCCI et al., 2000; FCTH, 1999 apud TOMINAGA, 2013):

- Guia: popularmente chamada de meio-fio, são estruturas feitas de granito ou concreto simples, geralmente pré-moldado, dispostas, paralelas ao eixo da rua, entre o passeio e a via pública, cuja face superior se encontra no mesmo nível do passeio;
- Sarjeta: canal longitudinal, geralmente triangular, situado entre a guia (meio-fio) e a via pública, cuja finalidade é captar as águas do escoamento superficial que sobre as vias incidem, e, as conduzir até os pontos de coleta, mais precisamente, as bocas coletoras. Podem ser feitas de concreto simples, paralelepípedos argamassados, entre outros;
- Sarjetão: calhas localizadas nas cotas mais baixas ou nos cruzamentos de vias, que coletam, conduzem e direcionam os fluxos das águas na travessia das vias transversais, conectando duas sarjetas. Podem ser feitos de concreto ou da própria pavimentação da via;
- Boca coletora/boca de lobo: são estruturas hidráulicas instaladas no rebaixamento das sarjetas ou na abertura das guias, com o propósito de captar as águas pluviais transportadas

pelas sarjetas, podendo ser classificadas em: boca coletora simples (lateral/de guia), boca coletora com grelha ou boca coletora combinada;

- Conduto de ligação: são canalizações cuja finalidade é conduzir as águas pluviais captadas pelos dispositivos de coleta (bocas coletoras) para as galerias e poços de visita;

- Galeria: sistema de dutos subterrâneos destinados a conduzir as águas pluviais coletadas pelas bocas coletoras e ligações privadas. O diâmetro mínimo adotado para os condutos das galerias deve ser de 0,30 metros, recobertos por uma camada de no mínimo 1,00 metro, contando a partir da geratriz superior;

- Poço de visita: dispositivos dispostos em pontos estratégicos no sistema de galerias, na maioria das vezes situados nos cruzamentos das vias, permitindo mudança de declividade, mudança de direção, mudança de diâmetro, manutenção e limpeza das canalizações;

- Trecho de galeria: são as frações das canalizações que constituem as galerias, situadas entre dois poços de visita;

- Caixa de ligação ou passagem: possui o mesmo princípio do poço de visita, diferenciando apenas, por não permitir o acesso e manutenção do sistema. Devem ser instaladas na ocorrência de bocas coletoras intermediárias ou quando um poço de visita recebe mais de quatro tubulações;

- Conduto forçado: elemento destinado à condução das águas superficiais, sendo a pressão de escoamento diferente da atmosférica;

- Estação elevatória ou estação de bombeamento: constituída por um conjunto de obras e dispositivos hidráulicos, cuja finalidade é transferir a água de um canal de drenagem inferior para outro, em nível mais elevado, uma vez que não existe a condição de escoamento por gravidade nessa situação, sendo necessário o auxílio de um sistema de bombeamento; e

- Elementos de dissipação de energia hidráulica: são estruturas instaladas à jusante dos corpos receptores, tendo como finalidade a dissipação da carga hidráulica por meio da redução da velocidade de escoamento, minimizando dessa maneira o risco de erosão nos corpos hídricos receptores. São exemplos dessas estruturas, as rampas, escadas hidráulicas, entre outras.

De acordo com Tucci et al. (2000), para a elaboração adequada de um projeto de sistema de microdrenagem, faz-se necessária a apresentação das seguintes informações: planta de situação e localização dentro do município junto à planta geral da bacia contribuinte, levantamento topográfico, percentual das taxas de ocupação, permeabilidade e áreas verdes

citadas no Plano Diretor, além da indicação de possíveis redes pluviais, de esgotos ou de outros serviços existentes que venham interferir na área projetável.

4.3.3 Macrodrenagem

A macrodrenagem é um sistema constituído por um conjunto de elementos de grandes dimensões e estruturas auxiliares, que podem ser naturais, formadas pelos rios, riachos e córregos ou artificiais, na forma de canais e reservatórios, responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais advindas de todo o sistema de microdrenagem, buscando dessa forma minimizar os impactos causados por erosões, assoreamentos e inundações de toda extensão dos talvegues principais, de maneira que ocorra melhora nas condições do escoamento dessas águas (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA, 2006).

Devido à urbanização, o controle do impacto do aumento do escoamento superficial tem sido realizado na macrodrenagem, no cenário brasileiro, por meio de canalizações que são dimensionadas para receber e conduzir uma vazão de projeto cujo tempo de retorno varia entre 10 e 100 anos. Para evitar as inundações somente com o sistema de drenagem, deveria ser realizada a ampliação dos condutos de toda a bacia, medida economicamente inviável, tornando como uma solução viável, a combinação de medidas de controle distribuídas juntamente com a combinação do aumento da capacidade das estruturas de amortecimento (MANUAL DE DRENAGEM URBANA – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-PR, 2002).

Assim como no sistema de microdrenagem, a manutenção do sistema de macrodrenagem é igualmente importante, buscando manter o adequado funcionamento das estruturas que o compõe, evitando dessa maneira a ocorrência de inundações e riscos inerentes à poluição hídrica, tendo como principais ações de manutenção: o desassoreamento de canais e limpeza das estruturas de armazenamento (SÃO PAULO, 2012 apud TOMINAGA, 2013).

4.3.3.1 Elementos constituintes do sistema de macrodrenagem

Os principais elementos constituintes do sistema de macrodrenagem são, em geral, estruturas de grandes dimensões, classificadas da seguinte maneira: canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e reservatórios de detenção ou retenção (TOMINAGA, 2013).

Os canais abertos são estruturas que normalmente apresentam profundidade constante ao longo de toda a sua extensão, não existindo dessa maneira, diferencial de pressão, a qual é responsável em atuar como força motora no movimento da água, fazendo-se necessária a adoção de uma declividade que seja suficiente para superar as perdas de carga devido ao atrito que ocorre durante o escoamento, de forma a manter uma velocidade média durante todo o percurso, ocorrendo de tal modo um escoamento que se processa unicamente pela ação da gravidade, operando na condição de condutos livres (PERES, 2015).

Amplamente utilizados dentro do sistema de macrodrenagem, os canais abertos apresentam inúmeras vantagens, como por exemplo, a possibilidade de escoamento de vazões superiores às de projeto, facilidade de limpeza e manutenção, e, a possibilidade de integração paisagística, valorizando dessa forma, as áreas ribeirinhas, porém, em contrapartida, os canais abertos apresentam restrições quanto à sua implantação em condições de espaços reduzidos, como no caso das áreas de grande concentração urbana (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA - FCTH, 2012).

As áreas densamente urbanizadas limitam por vezes a construção de obras que demandem espaços maiores para sua implantação devido ao sistema viário, sendo normalmente utilizadas nesse caso, as galerias de grandes dimensões, que, no entanto, apresentam em linhas gerais, algumas limitações decorrentes da dificuldade de limpeza e manutenção por se tratarem de ambientes fechados, além de sofrerem redução da capacidade de escoamento ao entrarem em operação, podendo não satisfazer às necessidades previstas (PLANO DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE, 2011).

Ainda de acordo com o plano de drenagem supracitado, ocorre outra limitação devido ao fato de em certas circunstâncias, as galerias demandarem seções transversais de diversas células, as quais necessitam a instalação de “janelas” na extensão de suas paredes internas com a finalidade de proporcionar um equilíbrio na vazão entre essas células, no entanto, podem implicar em perdas de cargas localizadas não desprezíveis, além de constituírem pontos de acúmulo de lixo e detritos, responsáveis por reduzirem a seção livre de escoamento, interferindo no fluxo d’água.

Em decorrência da alta taxa de impermeabilização nos centros urbanos ocorre no escoamento, o aumento da vazão máxima, necessitando de estruturas auxiliares, as quais promovem o amortecimento dessa vazão através do armazenamento temporário de parte do volume escoado, redistribuindo-o de forma lenta por um período de tempo maior, o que contribui para a redução da vazão do pico de cheias, controle do volume escoado

superficialmente, melhoria da qualidade das águas pluviais e até mesmo na recarga dos aquíferos quando se trata de reservatórios de infiltração. Essas estruturas auxiliares de reservação podem ser diferenciadas em: bacias de detenção e bacias de retenção (CANHOLI, 2005; GRIBBIN, 2009).

As bacias de detenção são reservatórios de infiltração ou armazenamento temporário, os quais são mantidos secos durante o período de estiagem, sendo responsáveis por deter parte da água advinda do escoamento superficial durante ou após a ocorrência das chuvas, redistribuindo esse volume de forma lenta. Essas estruturas podem também ser utilizadas para fins recreativos após seu completo esvaziamento, além de promover a melhoria da qualidade das águas, uma vez que os sedimentos e resíduos transportados por elas são sedimentados, posteriormente decantados, removidos e dispostos adequadamente em aterros sanitários (PORTO et al., 2000; CANHOLI, 2005).

Já as bacias de retenção são reservatórios cuja superfície detém uma lâmina permanente de água, nas quais se eleva temporariamente o nível acima do normal durante ou imediatamente após a ocorrência das cheias, amortecendo dessa maneira o pico das vazões de cheia, integrando também finalidades recreacionais, paisagísticas e até mesmo o abastecimento de água (TUCCI, 2003; CANHOLI, 2005).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado para o desenvolvimento deste trabalho um loteamento hipotético de uso residencial, o qual é composto por 11 quadras, 209 lotes, 04 áreas verdes e 01 área institucional, apresentando disposição altimétrica relativamente íngreme, cuja cota mínima equivale a 949 metros e a cota máxima equivale a 973 metros, perfazendo ao longo de sua extensão um desnível máximo equivalente a 24 metros, conforme apresentado no Anexo A.

O loteamento contempla em sua totalidade uma área de 129.527,11 m², sendo que:

- 63.749,60 m² correspondem à área dos lotes, equivalendo a 49,217% da área total;
- 7.046,46 m² correspondem à área institucional, equivalendo a 5,440% da área total;
- 13.611,81 m² correspondem à área verde, equivalendo a 10,509% da área total; e
- 45.119, 24 m² correspondem à área do logradouro público, equivalendo a 34,834% da área total.

Para o loteamento mencionado anteriormente foi dimensionado o sistema de microdrenagem de águas pluviais, no qual foram consideradas diferentes porcentagens de área permeável obrigatória: 10%, 15% e 20%, sendo as mesmas adotadas em conformidade com Planos Diretores vigentes em alguns municípios, cujo objetivo foi realizar um comparativo entre as estruturas do sistema para cada porcentagem de área permeável obrigatória utilizada.

5.1 Caracterização das bacias de contribuição

A divisão das bacias de contribuição é fundamental para o dimensionamento do sistema de microdrenagem, as quais foram demarcadas e divididas conforme sua disposição física em relação ao desnível natural do terreno, sendo utilizada a mesma divisão para ambos os dimensionamentos.

Foram inicialmente feitas as demarcações dos limites de cada bacia de contribuição, tendo posteriormente suas áreas calculadas por meio de um *software* de desenho assistido por computador, totalizando 34 bacias ao longo da extensão do loteamento, conforme Anexo B.

Cada bacia possui características próprias, das quais se destacam: percentual de área impermeável, coeficiente de escoamento superficial e diferença de nível, as quais interferem diretamente em alguns dos parâmetros hidrológicos, tais como: tempo de concentração, intensidade média máxima de precipitação e vazão de escoamento superficial, que por sua vez dependem das variáveis mencionadas, tornando-os também característicos em cada bacia de contribuição.

5.1.1 Cálculo das áreas impermeáveis

Foi feito para cada bacia, o cálculo da área permeável de acordo com a porcentagem de área permeável obrigatória utilizada, sendo a mesma subtraída da área total, obtendo dessa maneira, o valor da área impermeável da bacia, conforme apresentado na Equação 3.

$$A_{imp} = A_t - (A_{lotes} \times TP) \quad (3)$$

Em que:

A_{imp} = área impermeável da bacia de contribuição (m^2);

A_t = área total da bacia de contribuição (m^2);

A_{lotes} = área total de lotes da bacia de contribuição (m^2); e

TP = percentual de área permeável obrigatória (%).

O percentual de área impermeável de cada bacia foi posteriormente calculada utilizando a Equação 4.

$$A_i = A_{imp} / A_t \quad (4)$$

Em que:

A_i = percentual de área impermeável (%);

A_{imp} = área impermeável da bacia de contribuição (m^2); e

A_t = área total da bacia de contribuição (m^2).

5.1.2 Cálculo dos coeficientes de escoamento superficial

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial foi utilizada a Equação 5, de Schueler, mostrada por Tomaz (2010):

$$C = 0,05 + 0,009 \times A_i \quad (5)$$

Em que:

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional); e

A_i = percentual de área impermeável (%).

5.1.3 Cálculo da diferença de nível

Para o cálculo da diferença de nível foi utilizada a interpolação linear das curvas de nível do terreno, as mesmas estando definidas em planta topográfica digitalizada, obtendo dessa maneira a cota máxima e a cota mínima correspondente a cada bacia, valores esses posteriormente utilizados na Equação 6, resultando na diferença de nível de cada bacia de contribuição.

$$DN = C_{m\acute{a}x} - C_{m\acute{i}n} \quad (6)$$

Em que:

DN = diferença de nível (m);

$C_{m\acute{a}x.}$ = cota máxima (m); e

$C_{m\acute{i}n.}$ = cota mínima (m).

5.1.4 Cálculo da declividade do talvegue principal

O talvegue pode ser definido como o vale mais profundo cuja finalidade é escoar as águas pluviais, sendo no sistema de microdrenagem tal função exercida pelas sarjetas.

Para o cálculo da declividade do talvegue principal foi utilizada a Equação 7, no qual o comprimento do talvegue principal foi obtido por meio de *software* de desenho assistido por computador.

$$S = DN / DH \quad (7)$$

Em que:

S = declividade do talvegue principal (m/m);

DN = diferença de nível (m); e

DH = comprimento do talvegue principal (m).

5.2 Determinação dos parâmetros hidrológicos

Para o dimensionamento dos elementos constituintes do sistema de microdrenagem é necessária a análise e definição de alguns parâmetros hidrológicos, tais como: tempo de retorno, intensidade média máxima de precipitação, tempo de concentração e vazão de escoamento superficial, apresentados a seguir.

5.2.1 Determinação do tempo de retorno (TR)

O tempo de retorno varia de acordo com o tipo de ocupação da área, conforme pode ser observado na TAB.1. Sendo o presente loteamento do tipo residencial, foi utilizado o tempo equivalente a 2 anos.

5.2.2 Determinação do tempo de concentração

Para o cálculo do tempo de concentração foi utilizada a Fórmula de Kirpich, representada pela Equação 8, apresentada por Tomaz (2015), sendo a mesma indicada para bacias cujas áreas sejam inferiores a 0,5 km² e possuam declividades entre 3 e 10%.

$$t_c = 0,019 \times (L^{0,77} / S^{0,385}) \quad (8)$$

Em que:

t_c = tempo de concentração (minutos);

L = comprimento do talvegue principal (m); e

S = declividade do talvegue principal (m/m).

5.2.3 Determinação da intensidade média máxima de precipitação

Para a determinação da intensidade média máxima de precipitação foi utilizada a Equação 2, a qual relaciona intensidade, duração e frequência de precipitação em determinada localidade.

Tal equação necessita da utilização de parâmetros empíricos de ajustes, os quais variam conforme a localidade, sendo o objetivo do presente trabalho realizar o dimensionamento do sistema de microdrenagem utilizando diferentes porcentagens de área permeável obrigatória, independentemente de sua localidade. Dessa maneira, considerou-se, hipoteticamente, que o loteamento localiza-se no município de Candeias-MG, o qual apresenta os seguintes valores para tais parâmetros: $K = 3627,415$; $a = 0,171$; $b = 29,519$; $c = 1,011$, sendo os mesmos obtidos através do *software* Plúvio 2.1, disponibilizado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2014).

O tempo de duração da chuva é outro condicionante necessário para tal determinação, sendo, em projetos de microdrenagem urbana, permitido utilizar o tempo de concentração igual ao tempo de duração da chuva (CANHOLI, 2005).

5.2.4 Determinação da vazão de escoamento superficial

Após a determinação dos parâmetros hidrológicos mencionados anteriormente foi possível calcular a vazão de escoamento superficial, também chamada vazão de projeto, do sistema de microdrenagem através do Método Racional, representado pela Equação 9.

$$Q = (C \times I \times A) / 3,6 \quad (9)$$

Em que:

Q = vazão de escoamento superficial (m^3/s);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I = intensidade média máxima de precipitação (mm/h); e

A = área da bacia de contribuição (km^2).

5.3 Dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de microdrenagem

O sistema de microdrenagem é constituído por uma série de estruturas hidráulicas, as quais foram dimensionadas conforme análise das características físicas naturais do terreno e dos parâmetros hidrológicos estabelecidos.

5.3.1 Dimensionamento das sarjetas

Para o dimensionamento das sarjetas é necessário o estabelecimento de algumas considerações:

- Considerou-se o revestimento das sarjetas executado em asfalto suave, cuja textura é lisa, facilitando dessa maneira o escoamento das águas pluviais;
- Considerou-se a declividade transversal das sarjetas igual à declividade das ruas, a qual foi adotada 2%; e por fim,
- Considerou-se a altura do meio-fio igual a 0,15 m, podendo, então, a lâmina d'água atingir no máximo, altura de 0,13 m.

Para o cálculo da vazão máxima suportada pelas sarjetas, foi utilizada a Equação 10.

$$Q_o = (Q_b / F) \quad (10)$$

Em que:

Q_o = vazão máxima suportada pela sarjeta (m^3/s);

Q_b = vazão de deflúvio da bacia de contribuição, obtida pelo Método Racional (m^3/s); e

F = fator de correção do escoamento nas sarjetas (adimensional).

O fator de correção foi obtido através da TAB. 2, uma vez que esse fator é utilizado para se compensar uma possível obstrução das sarjetas por sedimentos.

Tabela 2 – Fatores de correção para o escoamento nas sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de correção
0,4	0,90
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10,0	0,20

Fonte: DAEE/CETESB (1980) apud Tucci (2000).

5.3.1.1 Verificação do escoamento nas sarjetas

A verificação do escoamento das águas pluviais nas sarjetas consiste em analisar a altura da lâmina d'água e a velocidade pela qual a água escoar, no intuito de dimensionar estruturas eficientes.

Para tais verificações é necessário calcular o inverso da declividade transversal da sarjeta, para o qual foi utilizada a Equação 11. A declividade transversal da sarjeta foi considerada a mesma que a declividade da rua, a qual foi adotada 2%, uma vez que a declividade transversal de uma rua varia normalmente entre 2 e 3%.

$$Z = (1 / t) \tag{11}$$

Em que:

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (adimensional); e

t = declividade transversal da sarjeta (m/m).

Também se faz necessário determinar o coeficiente de rugosidade de Manning (n), sendo esse determinado de acordo com o revestimento da superfície pela qual o fluido escoar, dessa maneira, conforme TAB. 3 obteve-se $n = 0,013$ ($s/m^{1/3}$), sendo o revestimento da sarjeta executado em asfalto suave, cuja textura é lisa.

Tabela 3 – Coeficiente de rugosidade de Manning (n)

Cobertura da bacia	n
Concreto com bom acabamento	0,012
Asfalto suave (de textura lisa)	0,013
Asfalto de textura áspera	0,016
Concreto ou argamassa de cimento acabado com espalhadeira	0,014
Concreto ou argamassa de cimento alisado manualmente	0,016
Concreto ou argamassa de cimento com acabamento áspero	0,020
Paralelepípedo argamassados	0,020
Argila compactada	0,030
Pouca vegetação	0,020
Vegetação densa	0,350
Vegetação densa e floresta	0,400

Fonte: Tucci (2000).

Após estabelecidos os condicionantes anteriormente descritos é possível fazer as verificações do escoamento nas sarjetas.

5.3.1.1.1 Verificação da altura da lâmina d'água máxima

Para que tal verificação seja atendida é necessário que a altura da lâmina d'água não ultrapasse 0,13 m, uma vez que a altura do meio-fio foi considerada igual a 0,15 m. Utilizou-se a Equação 12 para tal verificação, a qual considera a declividade longitudinal da sarjeta (i) igual à declividade do talvegue principal (S), a mesma calculada na fase inicial do dimensionamento.

$$y = [((Q_0 \times n) / (0,375 \times \sqrt{i} \times Z))]^{3/8} \quad (12)$$

Em que:

y = altura da lâmina d'água máxima (m);

Q₀ = vazão máxima da sarjeta (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (s/m^{1/3});

i = declividade longitudinal da sarjeta (m/m); e

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (adimensional);

5.3.1.1.2 Verificação da velocidade do escoamento

Para que a velocidade do escoamento nas sarjetas seja atendida recomenda-se que a velocidade mínima seja maior que 0,5 m/s e a velocidade máxima não ultrapasse 3 m/s (TOMAZ, 2010). Utilizou-se para tal verificação a Equação 13.

$$v = [(2 \times Q_0) / (Z \times y^2)] \quad (13)$$

Em que:

v = velocidade de escoamento na sarjeta (m/s);

Q_0 = vazão máxima da sarjeta (m³/s);

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (adimensional); e

y = altura da lâmina d'água máxima (m).

5.3.2 Dimensionamento das bocas coletoras

Foram adotadas bocas coletoras combinadas, do tipo B, consideradas no nível da via, não existindo dessa maneira depressão, conforme padrão estabelecido pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2008). As mesmas são fabricadas em concreto armado, pré-moldado, $f_{ck} = 25$ Mpa, sendo constituídas por uma boca coletora de grelha e uma cantoneira, também conhecida como boca coletora de guia, as quais possuem as seguintes dimensões:

- Boca coletora de grelha: comprimento útil da grelha = 99 cm e largura útil da grelha = 44 cm; e
- Boca coletora de guia: comprimento da soleira = 90 cm e altura da abertura = 10 cm.

Para a determinação da capacidade de engolimento das bocas coletoras de grelha, é necessário primeiramente o cálculo do perímetro do orifício da grelha (P), no qual não se considera o lado adjacente à boca coletora de guia, o mesmo sendo obtido pela Equação 14.

$$P = 2a + b \quad (14)$$

Em que:

P = perímetro do orifício da grelha (m);

a = largura útil da grelha (m); e

b = comprimento útil da grelha(m).

Feito o cálculo do perímetro do orifício da grelha, utilizou-se a Equação 15, definida por Tucci (2000), para a obtenção da vazão de engolimento das bocas coletoras de grelha, adotando-se que a lâmina d'água próxima à guia foi de 10 cm.

$$Q_{BCGrelha} = 1,7 \times P \times Y^{3/2} \quad (15)$$

Em que:

$Q_{BCGrelha}$ = vazão de engolimento da boca coletora grelha (m³/s);

P = perímetro do orifício da grelha (m); e

Y = lâmina d'água próxima à abertura na guia (m).

Para o dimensionamento das bocas coletoras de guia foi utilizada a Equação 16, também definida por Tucci (2000), a qual estipula a vazão de engolimento das mesmas, conforme o comprimento da soleira e a lâmina d'água próxima à abertura na guia, a qual foi adotada 10 cm.

$$Q_{BCGuia} = 1,7 \times L \times Y^{3/2} \quad (16)$$

Em que:

Q_{BCGuia} = vazão de engolimento da boca coletora guia (m³/s);

L = comprimento da soleira (m); e

Y = lâmina d'água próxima à abertura na guia (m).

A vazão total de engolimento das bocas coletoras ao trabalharem de forma combinada é obtida através da Equação 17, a qual realiza um somatório das vazões calculadas anteriormente, aplicando-se um fator de redução, o qual leva em consideração possíveis obstruções nas aberturas das bocas coletoras, sendo o mesmo tabelado.

$$Q_{\text{Total}} = (Q_{\text{BCGrelha}} + Q_{\text{BCGuia}}) \times f \quad (17)$$

Em que:

Q_{Total} = vazão total de engolimento das bocas coletoras (m³/s);

Q_{BCGrelha} = vazão de engolimento da boca coletora grelha (m³/s);

Q_{BCGuia} = vazão de engolimento da boca coletora guia (m³/s); e

f = fator de redução da capacidade de engolimento das bocas coletoras (%).

O fator de redução varia de acordo com o tipo de boca coletora adotada e sua localização. Uma vez que as bocas coletoras do presente trabalho foram adotadas como combinadas e localizadas em um ponto baixo da sarjeta, obteve-se $f = 65\%$, conforme observada na TAB.4.

Tabela 4 – Fator de redução da capacidade de engolimento das bocas coletoras

Localização na sarjeta	Tipo de boca coletora	% permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais	50
	Combinadas (grelha longitudinal)	66
	Combinadas	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: DAEE/CETESB (1980) apud Tucci (2000).

5.3.3 Dimensionamento das galerias

As galerias foram dimensionadas de forma a receberem a vazão captada pelas bocas coletoras, transportando-a com segurança até o sistema de macrodrenagem. Tratando-se de um loteamento cujo fluxo de trânsito é consideravelmente leve foram adotadas tubulações fabricadas em concreto armado com acabamento áspero do tipo PA-1, obtendo-se, então, o coeficiente de rugosidade de Manning, $n = 0,020$, conforme pode ser observado na TAB. 3.

De acordo com Tomaz (2010) é recomendado que o recobrimento das tubulações dessa estrutura hidráulica seja de no mínimo 1,00 m e sua declividade longitudinal seja de no mínimo 0,5%, a qual foi adotada sendo igual à declividade longitudinal da rua de cada respectiva bacia, uma vez que as mesmas estão em acordo com as recomendações.

Para o cálculo do diâmetro das tubulações de cada trecho da galeria foi utilizada a Equação 18.

$$D = 1,55 \times \left[\frac{(Q \times n)}{(\sqrt{i})} \right]^{3/8} \quad (18)$$

Em que:

D = diâmetro da tubulação da galeria (m);

Q = vazão de escoamento captada pelo trecho da galeria (m^3/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning ($s/m^{1/3}$); e

i = declividade longitudinal da tubulação (m/m).

Feito o cálculo do diâmetro da tubulação e verificado que o mesmo não se trata de um diâmetro comercial, adotou-se, então, um diâmetro que comporte a vazão de escoamento, sendo esse comercializado e denominado Dadot no presente trabalho.

5.3.3.1 Verificação do escoamento nas galerias

Assim como nas sarjetas, é fundamental fazer algumas verificações quanto ao comportamento do escoamento das águas pluviais nas galerias, as quais consistem em verificar a altura da lâmina d'água máxima e a velocidade do escoamento ao longo das tubulações, possibilitando o dimensionamento de uma estrutura eficaz e segura. Para a realização de tais verificações é necessário realizar os cálculos do fator hidráulico.

Para o cálculo do fator hidráulico foi utilizada a Equação 19.

$$FH = [(Q \times n) / (D_{adot}^{8/3} \times \sqrt{i})] \quad (19)$$

Em que:

FH = fator hidráulico (adimensional);

Q = vazão de escoamento captada pelo trecho da galeria (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

Dadot = diâmetro comercial adotado para tubulação da galeria (m); e

i = declividade longitudinal da tubulação (m/m).

Feito o cálculo do fator hidráulico, utiliza-se o valor da TAB. 5 que mais se aproxima do calculado pela Equação 19, determinando-se assim os coeficientes de enchimento: RH/D e Y/D, sendo utilizados posteriormente para o cálculo do raio hidráulico e a verificação da altura da lâmina d'água máxima.

Tabela 5 – Relação dos coeficientes de enchimento para fator hidráulico de seção circular

FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/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	0,2987	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	0,3024	0,76
0,0065	0,0635	0,10	0,1248	0,2295	0,44	0,2928	0,3031	0,77
0,0079	0,0695	0,11	0,1298	0,2331	0,45	0,2969	0,3036	0,78
0,0095	0,0755	0,12	0,1349	0,2366	0,46	0,3008	0,3039	0,79
0,0113	0,0813	0,13	0,1401	0,2401	0,47	0,3047	0,3042	0,80
0,0131	0,0871	0,14	0,1453	0,2435	0,48	0,3083	0,3043	0,81

Continuação da Tabela 5 – Relação dos coeficientes de enchimento para fator hidráulico de seção circular

FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/D
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	0,3041	0,83
0,0196	0,1042	0,17	0,1611	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
0,0394	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	0,2094	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
0,0534	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	0,3322	0,2787	0,97
0,0650	0,1756	0,31	0,2358	0,2881	0,65	0,3294	0,2735	0,98
0,0691	0,1802	0,32	0,2409	0,2900	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
0,0776	0,1891	0,34						

Fonte: DEP/IPH (2005) apud Lopes (2016).

Determinado o coeficiente de enchimento, RH/D, de acordo com a TAB. 5, calculou-se o raio hidráulico, o qual foi obtido através da Equação 20.

$$RH = (RH / D) \times D \text{adot} \quad (20)$$

Em que:

RH = raio hidráulico (m);

RH / D = coeficiente de enchimento (adimensional); e

D_{adot} = diâmetro comercial adotado para tubulação da galeria (m).

5.3.3.1.1 Verificação da altura da lâmina d'água máxima

Para a verificação da altura da lâmina d'água máxima nas tubulações dos trechos da galeria foi utilizada a Equação 21, a qual necessita do coeficiente de enchimento, Y/D , esse sendo obtido através da TAB. 5.

$$y = (Y / D) \times D_{adot} \quad (21)$$

Em que:

y = altura da lâmina d'água máxima (m);

Y / D = coeficiente de enchimento (adimensional); e

D_{adot} = diâmetro comercial adotado para tubulação da galeria (m).

5.3.3.1.2 Verificação da velocidade no trecho da galeria

Para que a velocidade do escoamento nos trechos de galeria seja atendida recomenda-se que a velocidade mínima para tubos de concreto seja 0,65 m/s e a velocidade máxima não ultrapasse 5 m/s (TOMAZ, 2010). Utilizou-se para tal verificação a Equação 22.

$$v = [(RH^{2/3} \times \sqrt{i}) / n] \quad (22)$$

Em que:

v = velocidade de escoamento no trecho de galeria (m/s);

RH = raio hidráulico (m);

i = declividade longitudinal da tubulação do trecho da galeria (m/m); e

n = coeficiente de rugosidade de Manning ($s/m^{1/3}$).

5.3.4 Poços de visita

Os poços de visita foram locados nos cruzamentos das vias, locais onde ocorre o encontro de vários coletores e em pontos nos quais ocorreram mudanças na direção, no diâmetro das tubulações constituintes das galerias e na declividade. Já nos trechos de galeria nos quais não ocorre alteração no diâmetro das tubulações foi adotado o espaçamento entre poços de visita conforme é recomendado na TAB. 6.

Tabela 6 – Espaçamentos de poços de visita

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

Fonte: DAEE/CETESB (1980) apud Tucci (2000).

5.4 Análise dos dados

Após realizar o dimensionamento das estruturas constituintes do sistema de microdrenagem utilizando diferentes percentuais de área permeável obrigatória, os resultados obtidos foram comparados entre si e com a literatura pertinente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Comparativo entre as vazões de escoamento superficial

A TAB. 7 apresenta o comparativo entre as vazões de escoamento superficial para as bacias de contribuição do loteamento em análise, no qual foram utilizados diferentes percentuais de área permeável obrigatória.

Tabela 7 – Comparativo das vazões de escoamento superficial

Bacia	Área total (m ²)	tc (minutos)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)		
				TP = 10%	TP = 15%	TP = 20%
B1	3884,00	1,64	126,21	0,064	0,064	0,064
B2	1569,00	1,37	127,34	0,001	0,001	0,001
B3	3547,15	2,03	124,62	0,108	0,104	0,099
B4	3516,37	2,17	124,07	0,106	0,101	0,097
B5	2046,64	0,92	129,21	0,028	0,028	0,028
B6	4931,34	2,53	122,66	0,148	0,143	0,137
B7	4861,23	2,71	121,97	0,145	0,140	0,134
B8	4915,66	2,70	122,00	0,147	0,142	0,136
B9	4837,04	3,12	120,41	0,143	0,137	0,132
B10	4861,91	3,16	120,27	0,144	0,138	0,133
B11	4801,35	3,03	120,76	0,142	0,137	0,132
B12	1608,90	1,83	125,42	0,050	0,049	0,047
B13	3933,80	2,41	123,12	0,119	0,114	0,109
B14	3905,44	2,44	123,02	0,118	0,113	0,108
B15	4242,52	2,53	122,67	0,128	0,123	0,118
B16	3912,55	2,50	122,78	0,118	0,114	0,109
B17	3563,63	2,12	124,26	0,109	0,105	0,101
B18	3230,68	1,90	125,14	0,099	0,096	0,092
B19	4475,06	1,80	125,56	0,148	0,148	0,148
B20	5031,67	1,83	125,41	0,167	0,167	0,167
B21	3364,80	1,76	125,72	0,104	0,100	0,097

Continuação da Tabela 7 – Comparativo das vazões de escoamento superficial

Bacia	Área total (m ²)	tc (minutos)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)		
				TP = 10%	TP = 15%	TP = 20%
B22	3365,36	1,90	125,13	0,104	0,099	0,096
B23	3365,36	1,98	124,83	0,103	0,099	0,096
B26	3365,36	1,89	125,17	0,104	0,099	0,096
B27	3322,50	1,87	125,26	0,102	0,098	0,095
B28	3101,98	1,73	125,84	0,096	0,093	0,089
B29	6602,75	1,61	126,33	0,022	0,022	0,022
B30	5744,12	1,45	126,98	0,019	0,019	0,019
B31	3538,34	11,74	95,00	0,089	0,089	0,089
B32	3147,81	9,03	101,76	0,085	0,085	0,085
B33	5724,99	23,29	74,04	0,112	0,112	0,112
B34	477,08	1,13	128,31	0,016	0,016	0,016

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para possibilitar a comparação das estruturas do sistema de microdrenagem foi considerada a mesma divisão das bacias de contribuição para ambos os percentuais de área permeável obrigatória (TP) utilizados, sendo assim, as características físicas e demais parâmetros adotados na fase preliminar do dimensionamento, permaneceram inalteráveis, explicando o fato de os valores do tempo de concentração (tc) e da intensidade média máxima de precipitação (I) permanecerem invariáveis para ambas as considerações em cada respectiva bacia, conforme observado na tabela acima.

Observa-se também que a vazão de escoamento superficial (Q) sofreu variação relativamente pequena, constatando que a mesma diminuía à medida que o percentual de área permeável aumentava, culminando no aumento da capacidade de infiltração do solo na bacia, e, conseqüentemente reduzindo o escoamento superficial. Tucci (2000) afirma que a cada 10% de aumento da área impermeável, ocorre cerca de 100% de aumento na vazão e no coeficiente de escoamento superficial, porém, no presente trabalho não ocorreu conforme tal afirmação, sendo que tanto a vazão quanto o escoamento superficial tiveram variações pequenas.

Outro ponto observado é que em algumas bacias, tais como: B1, B2, B5, B19, B20, B29, B30, B31, B32, B33 e B34, tal vazão permaneceu a mesma para ambas as condições, fato esse que pode ser explicado devido o coeficiente de escoamento variar conforme o tipo

de cobertura pela qual a bacia é constituída, influenciando dessa maneira na vazão de escoamento (SILVA; RIBEIRO JUNIOR, 2016). As bacias mencionadas anteriormente são compostas por áreas verdes, as quais devem possuir cobertura vegetal, e, por ruas, as quais por sua vez possuem cobertura impermeável em sua totalidade, sendo assim, independentemente do percentual de área permeável adotado, tanto as áreas permeáveis quanto as impermeáveis se tornam inalteráveis, gerando consequentemente a mesma vazão de escoamento nas respectivas bacias.

6.2 Comparativos das estruturas do sistema de microdrenagem

As sarjetas são as estruturas responsáveis em transportar a vazão de escoamento superficial gerada nas bacias de contribuição, sendo assim, a variação no regime de escoamento nessas ocorre de forma semelhante ao regime da vazão de escoamento de cada respectiva bacia, dessa maneira, observa-se no GRAF. 1 que algumas bacias apresentaram a mesma vazão máxima de escoamento nas sarjetas para ambos percentuais considerados, enquanto as demais sofreram pequenas variações entre um percentual e outro.

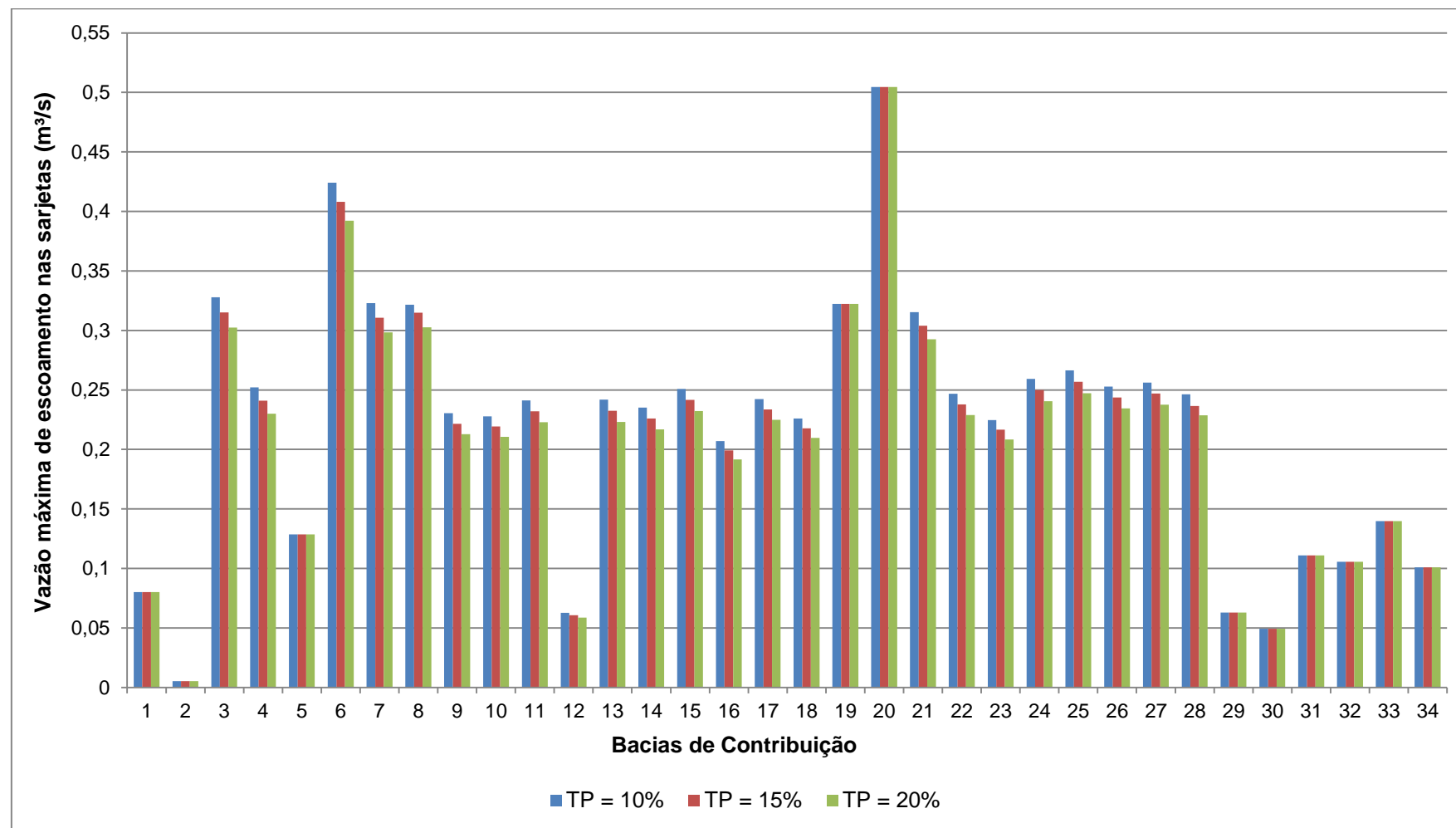
Foram adotadas bocas coletoras combinadas conforme padrão estabelecido pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2008), as quais possuem capacidade de engolimento equivalente a 96,79 l/s. Nota-se, conforme GRAF. 2, que a quantidade de bocas coletoras permaneceu invariável em cada respectiva bacia para ambas as considerações de percentual de área permeável obrigatória, esse fato pode ser explicado devido à variação da vazão de escoamento nas sarjetas em algumas bacias ter sido relativamente pequena e em outras inalteráveis, sendo tais variações insuficientes de promover alterações na quantidade dessas estruturas.

As galerias foram divididas em 40 trechos, sendo os diâmetros das tubulações constituintes dessas estruturas dimensionados a partir da vazão de escoamento das bacias de contribuição correspondente a cada trecho. Foi constatado, conforme GRAF. 3, que os diâmetros acima mencionados permaneceram inalteráveis para cada respectiva bacia independentemente do percentual de área permeável obrigatória adotado, sendo que os diâmetros apresentaram variações entre 0,300 m e 1,2 m para ambas as considerações, podendo ser explicado devido à pequena variação da vazão de escoamento superficial de cada bacia.

Embora a variação do percentual de área permeável obrigatória não tenha ocasionado alteração no dimensionamento das estruturas do sistema de microdrenagem, é de tamanha importância sua adoção no traçado do desenho urbano, caracterizando posteriormente o microclima de determinada região.

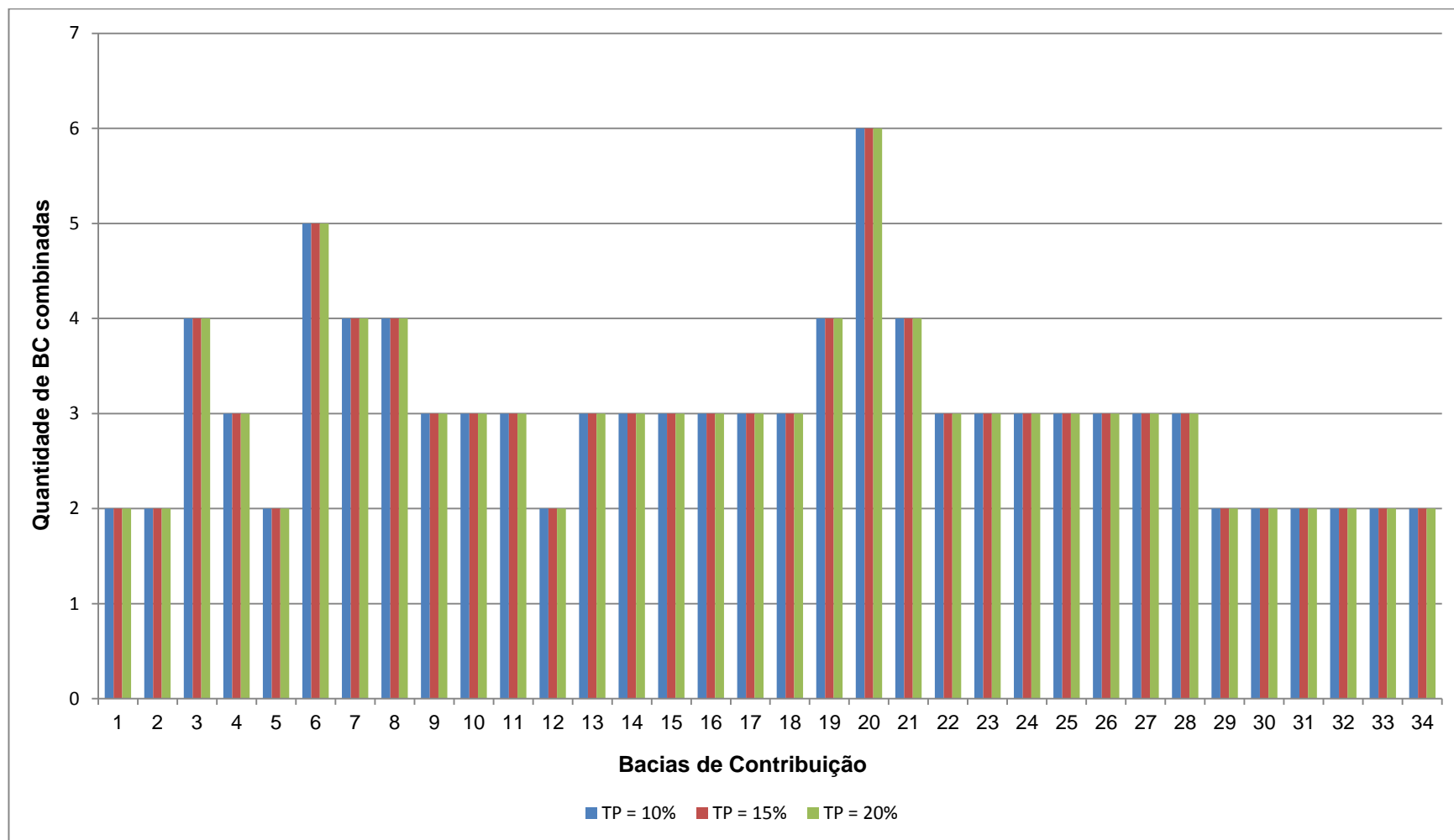
De acordo com Romero (2001), as áreas constituídas por vegetação elevam a qualidade do microclima na região urbana, contribuindo para a redução da temperatura, uma vez que a vegetação possui menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica se comparada aos materiais constituintes dos edifícios, além disso, as folhas podem atuar como uma espécie de filtro, retirando a poeira e possíveis contaminações contidas no ar, purificando-o de tal maneira.

Gráfico 1 – Comparativo da vazão máxima de escoamento nas sarjetas



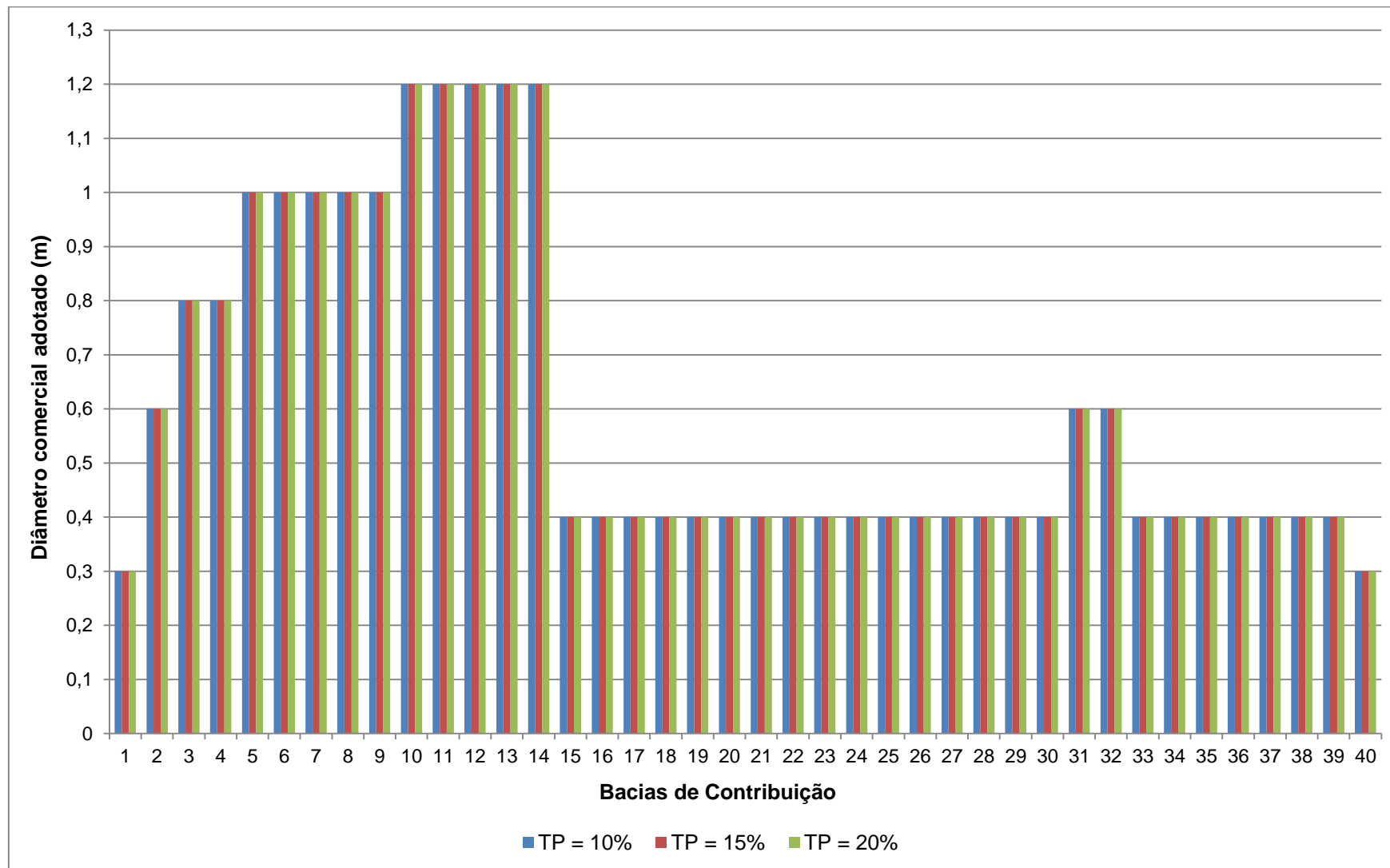
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Gráfico 2 – Comparativo da quantidade de bocas coletoras (BC) combinadas



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Gráfico 3 – Comparativo dos diâmetros comerciais adotados para a tubulação das galerias



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foram definidas as mesmas divisões das bacias de contribuição a fim de possibilitar o comparativo entre o dimensionamento das estruturas do sistema de microdrenagem utilizando diferentes percentuais de área permeável obrigatória, assim, verificando o possível impacto que tais considerações acarretariam no dimensionamento das estruturas do sistema para cada respectivo percentual utilizado.

Nas bacias de contribuição constituídas por lotes, foi verificada uma variação relativamente pequena da vazão de escoamento superficial, observando que a mesma diminuía em função do aumento do percentual de área permeável obrigatória utilizado, culminando na capacidade de infiltração do solo nessas bacias, e, conseqüentemente propiciando a redução do coeficiente de escoamento.

Enquanto nas bacias constituídas apenas por áreas verdes e ruas, foi verificada que a vazão de escoamento permaneceu inalterável, uma vez que a capacidade de infiltração do solo nessas bacias não é influenciada pelo percentual de área permeável utilizado, sendo as áreas verdes compostas por cobertura vegetal e as ruas por cobertura impermeável.

Analisando os resultados obtidos a partir dos cálculos, foi observado que o dimensionamento das estruturas do sistema de microdrenagem permaneceu invariável para ambos os percentuais utilizados, uma vez que o mesmo está diretamente à vazão de escoamento superficial, sendo que a pequena variação ocorrida nessa não foi suficiente para influenciar na alteração do dimensionamento das respectivas estruturas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blücher, 2015. 632 p.
- BELO HORIZONTE. Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP. **Caderno de Encargos de Drenagem**. Belo Horizonte, 2008. 13 p. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/noticia/sudecap_capitulo/19.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.
- BRASIL. Departamento nacional de infraestrutura de transportes – DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. Fundação nacional de saúde – FUNASA. **Manual de Saneamento**. Brasília, 2007.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.
- CARVALHO, J. A. **Dimensionamento de pequenas barragens para irrigação**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 158 p.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenheiros e ciências ambientais**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. 336 p.
- CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 8, 2016, Poços de Caldas. **Utilização de indicadores físicos associados a sistema de microdrenagem**. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2016/90.%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20INDICADORES%20F%C3%8DSICOS%20ASSOCIADOS%20A%20%20SISTEMA%20DE%20MICRODRENAGEM.PDF>>. Acesso em: 17 out. 2018.
- CULTURAMIX, 2013. Importância e o ciclo da água. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/recursos-naturais/importancia-e-o-ciclo-da-agua>>. Acesso em: 31 abr. 2018.
- FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações do ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/ateliê/article/view/16703>>. Acesso em: 31 abr. 2018.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA – FCTH. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo, 2012.
- GRIBBIN, J. E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 487 p.
- JOINVILLE. Prefeitura Municipal. Secretaria de administração. **Plano de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira no município de Joinville**. Joinville, 2011.

LANNA, A. E. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. p. 727-764.

LOPES, P. G. **Análise comparativa entre um sistema de drenagem tradicional (higienista) e um sistema de drenagem com reservatório de detenção on-line**. 2016. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria-UFSM-RS, Santa Maria, 2016.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente**. São Paulo, p. 1-11, jul. 2012. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%Alulic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

MIRANDA, A. C; GOMES, H. P.; SILVA, M. O. **Recursos hídricos: a gestão das águas, a preservação da vida**. São Paulo: All Print Editora, 2006.

PACHECO, S. F. et al. Evolução do coeficiente de escoamento superficial no campus de Ananindeua da Universidade Federal do Pará. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Pará, v. 9, n. 2, p. 229-239, 2017. Disponível em: <<http://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11280>>. Acesso em: 17 out. 2018.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Manual de drenagem urbana – região metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba, 2002.

PEREIRA, S. B. et al. **Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a região de Dourados, MS**. 1 ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 17 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38739/1/BP200744.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

PERES, J. G. **Hidráulica agrícola**. São Carlos: EdUFCar, 2015. 429 p.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

PORTO, R. L. et al. Drenagem urbana. In: _____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. p. 805-842.

PREMIO JOVEM CIENTISTA, 2011. Gestão das águas no meio urbano. Disponível em: <<http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2013/pjc/noticias.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2004. 87 p.

RIGHETTO, A. M. et al. **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 226 p.

SANTA RITA DO SAPUCAÍ. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor Municipal**. Santa Rita do Sapucaí, 2012.

SANTOS JÚNIOR, V. J. Avaliação da fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros – MG. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3986-3997, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15125>>. Acesso em: 6 mai. 2018.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana**. São Paulo, 1999.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 659 p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. p. 35-40.

TOMAZ, P. Microdrenagem. In: _____. **Curso de manejo de águas pluviais**. Guarulhos, 2015. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte**. 2013. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. p. 391-437.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000. Disponível em: <<https://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/coeficiente-de-escoamento-e-vazao-maxima-de-bacias-urbanas.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

TUCCI, C. E. M. et al. Drenagem urbana. In: _____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. p.805-847.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a20v55n4.pdf>>. Acesso em: 31 abr. 2018.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003. Disponível em: <<https://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a20v55n4.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. 348 p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das águas pluviais urbanas**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades/UNESCO, 2005. 194 p.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008. Disponível em: <<https://www.abrh.org.com/SGCv3/index.php?PUB=2&ID=72&SUMARIO=863>>. Acesso em: 31 abr. 2018.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: CEPAL; IPEA, 2012. 50 p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; CIMINELLI, V. S. T. (Org.). **Águas doces no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2015. p. 391-424.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-32, 2003. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a18v55n4.pdf>>. Acesso em: 31 abr. 2018.

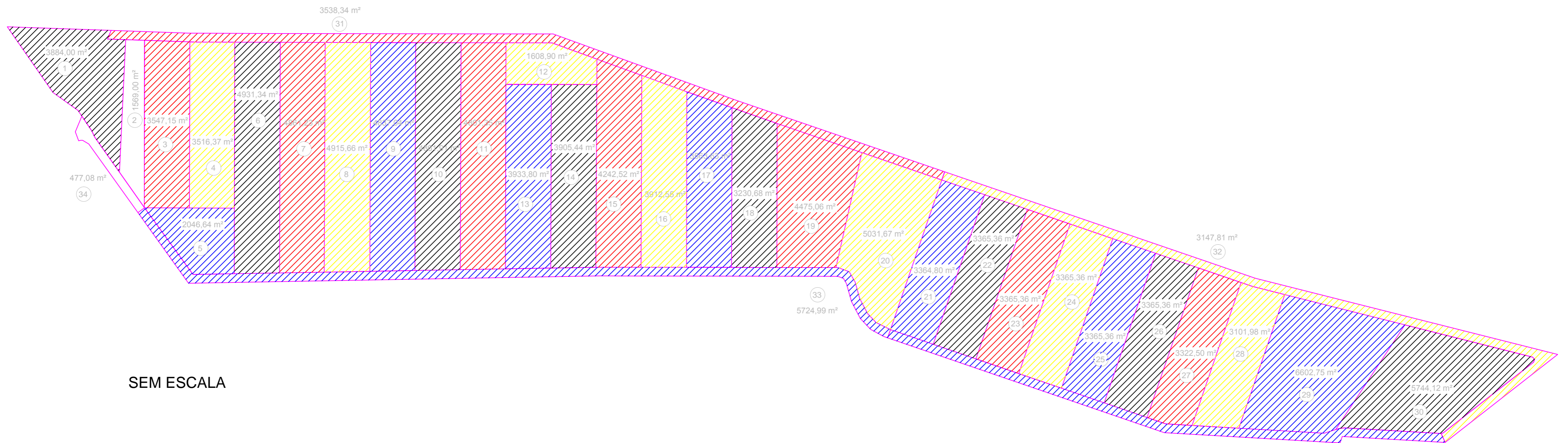
TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 70, p. 24-35, 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Software **Plúvio 2.1**. 2018. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>>. Acesso em 20 de set. de 2018.

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da cidade do Samba**. 2008. 384 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)-Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXO A – Representação gráfica do loteamento em estudo

ANEXO B – Representação gráfica da divisão das bacias de contribuição



SEM ESCALA