

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CAMPUS SERTÃO
ENGENHARIA CIVIL

DELMIRO AUGUSTO OLIVEIRA FILHO

**AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO NOVO,
LOCALIZADO EM DELMIRO GOUVEIA – AL**

DELMIRO GOUVEIA – AL
2019

DELMIRO AUGUSTO OLIVEIRA FILHO

**AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO NOVO,
LOCALIZADO EM DELMIRO GOUVEIA – AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como requisito parcial, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

O48a Oliveira Filho, Delmiro Augusto

Avaliação dos dispositivos de microdrenagem do Bairro Novo, localizado em Delmiro Gouveia – AL / Delmiro Augusto Oliveira Filho. – 2019.

60 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Drenagem. 2. Microdrenagem. 3. Dimensionamento. 4. Estudo hidrológico-hidráulico. 5. Bairro Novo. 6. Delmiro Gouveia – Alagoas. I. Título.

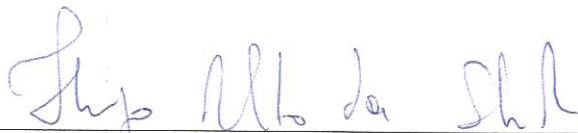
CDU: 626.133

Folha de Aprovação

DELMIRO AUGUSTO OLIVEIRA FILHO

AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DO BAIRRO NOVO,
LOCALIZADO EM DELMIRO GOUVEIA – AL

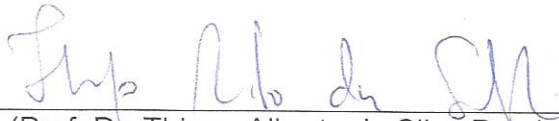
Trabalho de Conclusão de Curso submetido a banca
examinadora do curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão
e aprovado em 09 de abril de 2019.



(Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL)

(Orientador)

Banca examinadora:



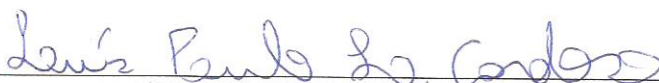
(Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL)

(Examinador Interno)



(Prof. MSc. David Anderson Cardoso Dantas, UFAL)

(Examinador Interno)



(Eng.º. Luís Paulo Lima Cardoso)

(Examinador Externo)

Dedico aos meus pais Delmiro Augusto (*in memoriam*) e Vera Lúcia, minhas irmãs Telma (*in memoriam*), Carina e Rafaela, minha esposa Cristiane e meu filho Ryan, por todo incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por me dar forças para superar os momentos difíceis ao longo do curso e seguir em frente na busca do meu objetivo.

Aos meus pais Delmiro Augusto (*in memoriam*) e Vera Lúcia por todo esforço, fazendo de tudo para que a minha única preocupação, da infância até a adolescência, fosse somente com os estudos.

As minhas irmãs Telma (*in memoriam*), Carina e Rafaela que sempre estão presentes nas minhas conquistas, e me incentivam a sempre ir além.

A minha esposa Cristiane e ao meu filho Ryan, que vivenciaram as madrugadas de estudo, as minhas alegrias a cada avanço para um novo período em contraste com a preocupação na incerteza se daria para prosseguir, mesmo assim souberam compreender e me dar o apoio necessário.

Aos amigos mais próximos por entenderem a minha ausência, que se tornou cada vez mais constante pela falta de tempo.

Aos colegas de curso pela convivência e companheirismo.

Aos membros da banca examinadora pela disposição em avaliar e colaborar com sugestões.

Aos meus professores Robério Santos, Cicero Rita, Gabriel Bádue, Marcelo Felisberto, Viviane Regina, Alexandre Nascimento, Antônio Netto, Karlisson André, Rafaela Faciola, Romildo Escarpini Filho, Wellinsílvio Costa, David Anderson, Savaltore Verde e Márcio Cavalcante pelos ensinamentos, em especial ao meu orientador Thiago Pereira que aceitou orientar e compartilhar um pouco da sua experiência contribuindo para a realização deste trabalho.

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente.”

Roger Von Oech

RESUMO

O processo de urbanização é um agravante dos problemas relacionados a alagamentos das vias públicas, além disso altera as características do ciclo hidrológico. Esses problemas acabam afetando os sistemas de drenagem urbana, exemplo disso ocorre com a população do bairro Novo, localizado na cidade de Delmiro Gouveia – AL, que há muitos anos vem sofrendo com essas situações, apesar do bairro ter sido construído de forma planejada e possuir um sistema de drenagem. Como no Brasil não existem normas específicas para o dimensionamento desse sistema, este trabalho tem como objetivo avaliar se os dispositivos de microdrenagem foram dimensionados conforme as recomendações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da literatura de autores influentes nessa área. Para a realização do estudo hidrológico-hidráulico foram utilizados o Método Racional para o cálculo da vazão de projeto, a fórmula de Izzard modificada da equação de Manning para o cálculo da vazão das sarjetas e a série histórica de dados pluviométricos do município. Com os dados obtidos foi verificado se existia a presença de bocas de lobo nos trechos em que a vazão de projeto excedia a vazão das sarjetas. Os resultados alcançados neste trabalho demonstram que o sistema de microdrenagem foi subdimensionado. Além disso, durante as visitas de campo pode-se observar a falta de manutenção dos dispositivos, acúmulo de lixo nas bocas de lobo e obstrução do escoamento de diversas sarjetas.

Palavras-chave: Microdrenagem; vazão; dimensionamento.

ABSTRACT

The urbanization process it is an aggravating of problems related to flooding of public roads, besides that changes the characteristics of the hydrological cycle. These problems end up affecting urban drainage systems, as is the case with the population of the Novo neighborhood, located in the city of Delmiro Gouveia - AL, which for many years has been suffering from these situations, although the neighborhood was built in a planned way and have a drainage system. As in Brazil there are no specific standards for the sizing of from this system, this work aims assess whether the microdrainage devices have been dimensioned according as the recommendations the National Department of Infrastructure of Transport (DNIT) and the literature of authors influential in this area. For the conduct of the study hydrologic-hydraulic we used the Rational Method for calculating the project flow, the modified Izzard formula of the Manning equation for the calculation of flow of the gutters and the historical series of pluviometric data of the municipality. With the data obtained was checked if there was the presence of storm drain in excerpts in that the project flow exceeded the flow of the gutters. The results obtained in this work demonstrate that the microdrainage system was undersized. In addition, during the field visits it can be observed the lack of maintenance of devices, accumulation of garbage in storm drain and obstruction of the flow of various gutters.

Keywords: Microdrainage; flow; sizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O Ciclo Hidrológico	15
Figura 2 - Sistema de drenagem urbana.....	19
Figura 3 - Principais tipos de bocas de lobo.....	20
Figura 4 - Posição da rede coletora na via.....	21
Figura 5 - Divisão das áreas de contribuição: método do diagrama de telhado.....	31
Figura 6 - Seção transversal de uma sarjeta triangular.....	32
Figura 7 - Distância de Delmiro Gouveia à Maceió	36
Figura 8 - Fortes chuvas provocam alagamento no bairro Novo.....	37
Figura 9 - Dispositivos de microdrenagem existentes no bairro Novo.....	38
Figura 10 - Calha grelha de drenagem.....	38
Figura 11 - Erosão causada por falta de dispositivo de microdrenagem.....	39
Figura 12 - Uso indevido de boca de lobo.....	40
Figura 13 - Acúmulo de lixo na boca de lobo	40
Figura 14 - Falta de manutenção nos dispositivos de microdrenagem	41
Figura 15 - Delimitação da área de drenagem	42
Figura 16 - Divisão das áreas de contribuição	43
Figura 17 - Determinação das áreas de contribuição.....	43
Figura 18 - Perfil de elevação do trecho.....	44
Figura 19 - Sarjeta triangular: dimensões adotadas.....	45
Figura 20 - Planilha resumo de memória de cálculo	45
Figura 21 - Trechos com necessidade de bocas de lobo	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de desagregação das precipitações diárias	25
Tabela 2 - Períodos de retorno para diferentes tipos de ocupação da área.....	26
Tabela 3 - Valores para o coeficiente de escoamento superficial “ <i>runoff</i> ”.....	29
Tabela 4 - Lista de entidades fornecedoras de cartas ou imagens cartográficas.....	30
Tabela 5 - Valores para o coeficiente de rugosidade de Manning.....	34
Tabela 7 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas	35
Tabela 8 - Média e desvio padrão das precipitações máximas anuais	49
Tabela 9 - Valores dos coeficientes alfa e beta.....	50
Tabela 10 - Alturas de precipitação para diferentes durações de chuva.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FAA	Federal Aviation Agency
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade, Duração e Frequência
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
SEINFRA	Secretaria Municipal de Infraestrutura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. O CICLO HIDROLÓGICO	15
3.2. DRENAGEM URBANA.....	17
3.2.1. Macrodrenagem	18
3.2.2. Microdrenagem	18
3.3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	22
3.3.1. Vazão de projeto: Método Racional	22
3.3.2. Intensidade de precipitação máxima	23
3.3.3. Período de retorno	25
3.3.4. Tempo de concentração.....	26
3.3.5. Coeficiente de escoamento superficial.....	28
3.3.6. Área de drenagem.....	29
3.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	31
3.4.1. Capacidade de condução hidráulica das sarjetas	31
4. ÁREA DE ESTUDO	36
5. METODOLOGIA	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
6.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	49
6.1.1. Vazão de projeto	49
6.1.2. Intensidade de precipitação máxima	49
6.1.3. Tempo de concentração.....	50
6.1.4. Período de retorno	51
6.1.5. Coeficiente de escoamento superficial.....	51
6.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	51
6.2.1. Capacidade de condução hidráulica das sarjetas	51
7. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A: Planilha resumo de memória de cálculo	56

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é resultado de uma das necessidades do homem, sendo considerado um agravante para os problemas relacionados a inundação, enchentes e alagamentos das áreas urbanas.

O uso inadequado do solo provocado pela urbanização desorganizada, reduz a capacidade de armazenamento das vazões e estas, por sua vez, procurarão outros locais para ocupar. (CANHOLI, 2005)

Em resposta às demandas da urbanização vem o sistema de drenagem, o qual funciona como uma medida de prevenção, pois remove as águas pluviais em excesso, evitando a inundação das vias públicas. No entanto, a interferência do homem na natureza, a falta de consciência com o descarte de lixo de forma indevida, associado a irresponsabilidade na execução de projetos de obras de drenagem, contribuem para a ineficácia desse sistema.

O sistema de drenagem urbana classifica-se em microdrenagem e macrodrenagem, sendo que a primeira tem a função de remover as águas pluviais das vias através das bocas de lobo e galerias conduzindo-as para a macrodrenagem.

A falta de planejamento do sistema, associada as alterações do solo provenientes pelo seu uso inadequado, constituem elementos favoráveis a propagação de problemas urbanos, colocando em riscos à saúde da população. Esses problemas por vezes são difíceis de solucionar, e requerem medidas estruturais onerosas aos cofres públicos.

Dessa forma, compreende-se que a primeira etapa de um sistema de drenagem é o planejamento (elaboração do projeto), sendo imprescindível avaliar alguns fatores antes de iniciar uma obra como a impermeabilização do solo, a intensidade das chuvas no local, dentre outros, com intuito de evitar maiores impactos e danos a população.

Em face a essa problemática, buscou-se adentrar no campo de pesquisa da microdrenagem, avaliando os dispositivos existentes no bairro Novo localizado no município de Delmiro Gouveia – AL.

Para caracterizar o estudo, delimitou-se em uma área do bairro Novo contendo apenas as vias que são pavimentadas, visto que o bairro conta com algumas vias que não receberam pavimentação, ocorrendo assim o fenômeno de infiltração. O interesse

pela área de estudo justifica-se por apresentar muitos problemas de alagamentos durante períodos de chuvas intensas, embora possua um sistema de drenagem.

Por esta razão, levanta-se os seguintes questionamentos: será que os problemas ocorridos no sistema de microdrenagem estão relacionados a falha no dimensionamento? Será que os alagamentos ocorrem devido a obstrução nos dispositivos provocada pelo descarte indevido de lixo por parte da população? O órgão responsável por fiscalizar e realizar a manutenção desses dispositivos está cumprindo o seu papel? Ao longo do trabalho busca-se responder a essas questões.

Compreende-se que o tema abordado é de grande relevância para a área de engenharia civil e demais áreas correlacionadas, visto que os problemas decorrentes de falhas no sistema de drenagem urbana, associada ao mau uso dos dispositivos, falta de fiscalização e manutenção, não é uma realidade apenas do município de Delmiro Gouveia, especificamente do bairro Novo, sendo presente também em outros lugares do país.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os dispositivos de microdrenagem do bairro Novo, localizado em Delmiro Gouveia – AL.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar o escoamento superficial no bairro Novo;
- Estimar a capacidade de escoamento dos dispositivos de microdrenagem do local de estudo.
- Diagnosticar os dispositivos de microdrenagem do bairro Novo.

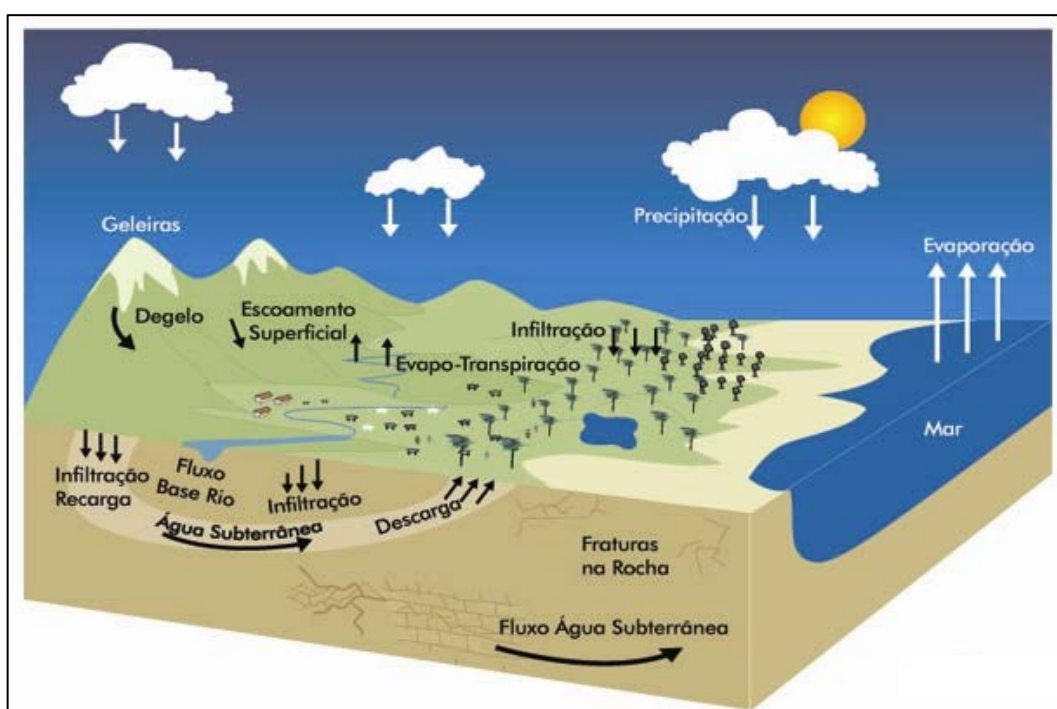
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O CICLO HIDROLÓGICO

Considerado um fenômeno global, o ciclo hidrológico refere-se à circulação da água entre a atmosfera e a superfície, mantendo-a presente no meio ambiente, em um processo contínuo e fechado. Para Pinto, Holtz, *et al.* (1976, p. 3) “[...] a contínua circulação que se processa as custas de energia solar mantém o balanço entre o volume de água na terra e a umidade atmosférica”.

De forma simplificada, a representação esquemática do ciclo hidrológico é ilustrada na figura 1, indicando alguns dos seus componentes.

Figura 1 - O Ciclo Hidrológico



Fonte: BRASIL (2018)

Todos os componentes são preponderantes para que o ciclo hidrológico aconteça de forma permanente e contínua. É válido lembrar que especificamente não se tem um início ou fim, mas, para efeitos didáticos a evaporação é considerada o processo inicial desse ciclo.

Conforme Pinto, Holtz, *et al.* (1976, p. 56) a evaporação “é o conjunto dos fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo [...]”, ou seja, é a transformação da água do estado líquido presente em rios, lagos, lagoas, mares e oceanos para o gasoso, através da energia recebida pelo sol, fazendo com que as massas líquidas se elevem até a atmosfera, Pinto, Holtz, *et al.* (1976, p. 3) afirma que “é pela evaporação que se mantém o equilíbrio do ciclo hidrológico”.

A água condensada (agrupamento de microgotículas) movida pela ação da força da gravidade faz com que ocorra o fenômeno da precipitação. Almeida, Masini e Malta (2017, p. 25) define a precipitação como sendo “a água proveniente do vapor d'água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada”. Vale salientar que no Brasil, a precipitação se dá frequentemente sob a forma de chuva, sendo por vezes a maior causadora dos problemas nos sistemas de drenagem.

Durante o processo de precipitação, a água antes de chegar à superfície fica retida na vegetação. A copa das árvores exerce uma função importantíssima, pois, elas protegem o solo do excesso de chuva, evitando a sua compactação e impermeabilização, esse fenômeno é conhecido como interceptação.

Parte da precipitação que é interceptada pela vegetação retorna a atmosfera na forma de vapor através de outro componente do ciclo hidrológico, a transpiração. Esse processo conjunto de transpiração e evaporação recebe o nome de evapotranspiração.

A vegetação, através das raízes das árvores, acaba criando um caminho da superfície para dentro do solo onde a água vai fazer um processo chamado de infiltração. A infiltração fortalece o ciclo hidrológico, pois, a água que chega até o lençol freático abastece os rios e lagos, retornando a atmosfera pela evaporação.

Cabe enfatizar que em locais onde a vegetação é escassa, o solo recebe toda a precipitação ficando saturado, isso ocasiona a compactação e conseqüentemente a sua impermeabilização, surgindo assim um outro processo do ciclo hidrológico denominado escoamento superficial.

O escoamento superficial é o deslocamento das águas sobre a superfície do solo. Esse deslocamento é de fundamental importância para o projeto de obras hidráulicas e principalmente as de drenagem. Essas obras são dimensionadas de modo a suportar as vazões decorrentes desse escoamento para um determinado evento de precipitação. (ALMEIDA, MASINI e MALTA, 2017, p. 30)

Nesse sentido, a impermeabilização do solo é um dos principais motivos da ocorrência de inundações, pois diminuindo a infiltração do solo, conseqüentemente à um acréscimo do escoamento superficial, dessa forma, o sistema de drenagem é uma resposta para sanar ou reduzir os impactos provocados pelas inundações, alagamentos e enchentes decorrentes de chuvas intensas.

3.2. DRENAGEM URBANA

Para entender o conceito de drenagem urbana é necessário embasar nos estudos de Tucci (2001), o qual define como um

conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. (TUCCI, 2001, p. 805)

Essas medidas devem ser compreendidas em seu sentido mais amplo, pois elas são consideradas essenciais para o desenvolvimento e organização urbana, visto que requer a junção de um conjunto de ações do poder público e privado, políticas voltadas a prevenção articuladas a programas de saúde, conforme cita Diogo e Sciammarella (2008)

A drenagem urbana se insere no conjunto de ações, obras e serviços prioritários em programas de saúde pública, o que compreende também: abastecimento de água; esgotamento sanitário; coleta de resíduos sólidos; e controle da poluição, de vetores e roedores. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008, p. 20)

Desse modo a drenagem urbana está relacionada não somente a uma questão de organização das cidades, mas insere-se em outras áreas, pois a falta de alguma das ações ao longo do processo, se configuram em agravos a saúde da população.

Percebe-se que a drenagem urbana, não é um assunto restrito ao campo da engenharia, ela vem ganhando uma nova proporção, visto que anteriormente se pensava em apenas retirar o excesso de águas pluviais, mas, devido ao mau uso pela população, principalmente no que se refere a poluição dos dispositivos de drenagem (descarte de lixo), se fez necessário a entrada de outras políticas e áreas de conhecimento na elaboração de projetos econômicos e benéficos a população. E para

a obtenção de êxito, requer uma série de fatores como o planejamento das ações junto ao poder público e a população, bem com a definição dos objetivos a serem alcançados.

Vale salientar que o município está elaborando o seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de acordo com as recomendações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF). A elaboração foi dividida em 6 (seis) etapas, sendo que a etapa 1: Plano de Trabalho, Programa de Mobilização Social e Programa de Comissão do PMSB de Delmiro Gouveia, bem como a etapa 2: Diagnóstico da Situação do Saneamento Básico já foram concluídas e aprovadas.

O sistema de drenagem se diferencia de outras ações de melhoramento urbano pois “o escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores”. (FCTH, 1999, p. 10)

Os sistemas de drenagem urbana são classificados de acordo com suas dimensões em macrodrenagem e microdrenagem.

3.2.1. Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem é composto por canais de grandes dimensões, projetados geralmente para vazões com período de retorno de 25 a 100 anos. A prevenção ou minimização dos impactos causados à saúde da população e as propriedades atingidas pelas inundações, dependem do funcionamento correto desse sistema. (FCTH, 1999)

Esse sistema tem como objetivo diminuir os impactos provocados pelas inundações, captar as águas oriundas do sistema de microdrenagem, bem como de todo o escoamento superficial.

3.2.2. Microdrenagem

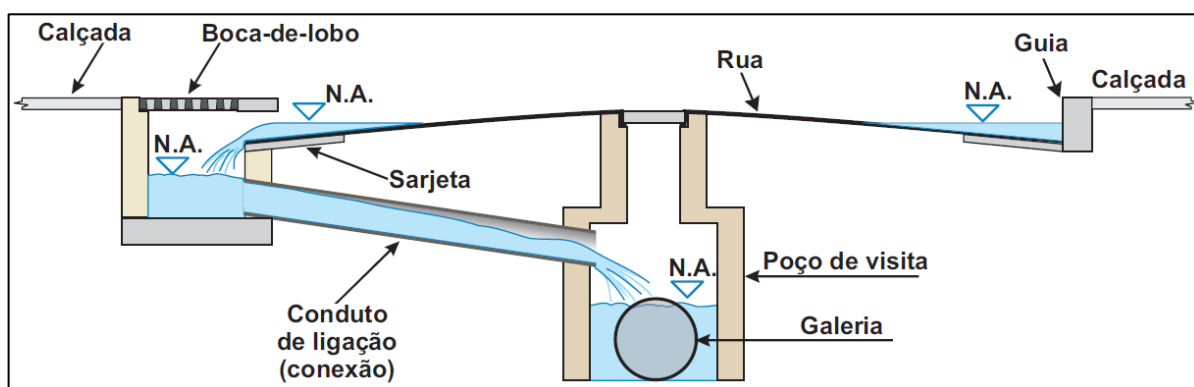
O sistema de microdrenagem, é constituído por dispositivos responsáveis por captar as águas pluviais precipitadas nos pavimentos das vias públicas e conduzi-las para o sistema de macrodrenagem. Além disso, tem como objetivo evitar

alagamentos, garantir a segurança de motoristas e pedestres e evitar ou diminuir os danos provocados pelas chuvas intensas. (SÃO PAULO, 2012)

Segundo FCTH (1999, p. 10) “quando bem projetado, e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas que advêm das inundações e das interferências de enxurradas”.

Pode-se verificar por meio da figura 2 a representação de alguns dos dispositivos que formam o sistema de drenagem urbana.

Figura 2 - Sistema de drenagem urbana



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

Desse modo, busca-se apresentar a terminologia utilizada no sistema de microdrenagem.

a) Guia ou meio-fio

Composto geralmente de concreto ou pedra, fica paralelo ao eixo viário, tem a função de definir o limite entre a via pública e o passeio;

b) Sarjetas

São dispositivos que possuem funções semelhantes a um canal, conduzindo o escoamento superficial, pelas bordas das vias públicas. (ALMEIDA, MASINI e MALTA, 2017)

c) Sarjetões

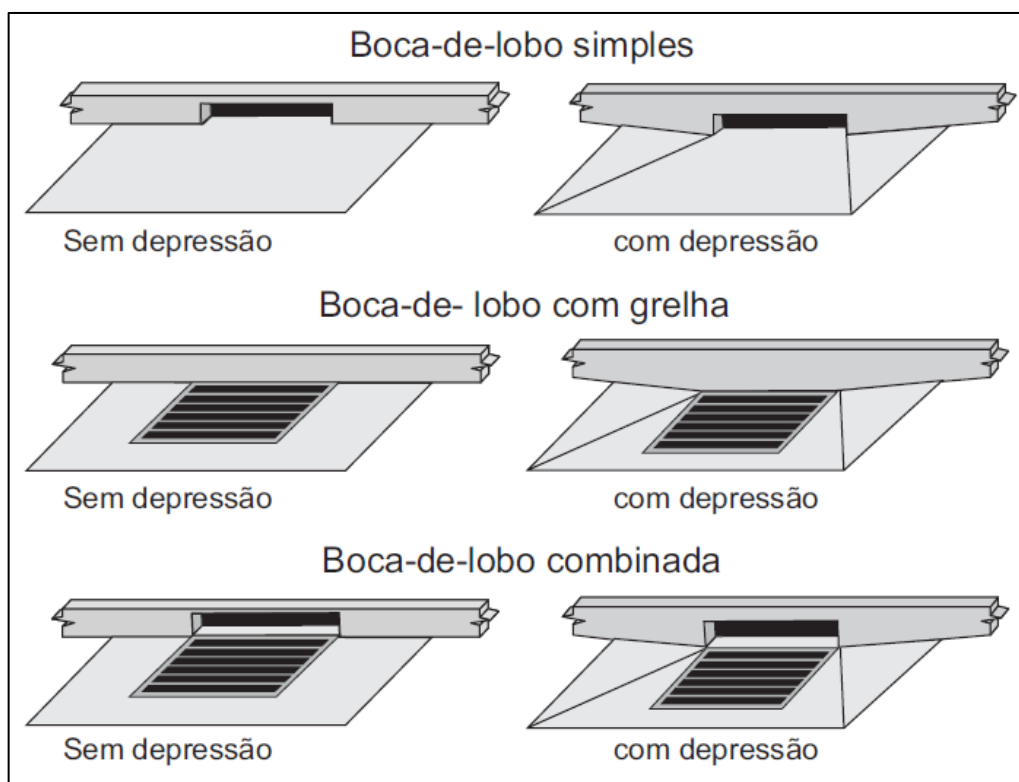
São calhas localizadas nos pontos baixos ou nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e tem como função orientar o fluxo das águas, conectando as sarjetas;

d) Bocas de lobo

São elementos de captação de água das sarjetas, de forma a conduzi-la para as galerias e tubulações subterrâneas.

As bocas de lobo podem ser simples, com grelha, combinada, com ou sem depressão conforme a figura 3.

Figura 3 - Principais tipos de bocas de lobo

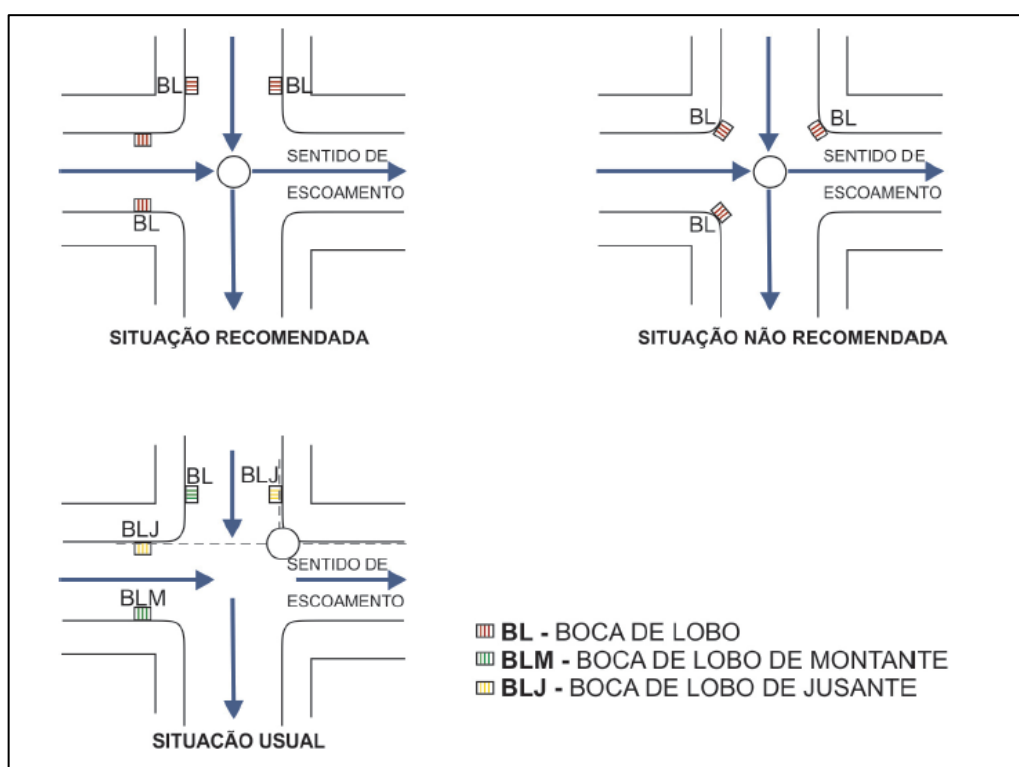


Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

De acordo com Tomaz (2002), para determinar a localização de uma boca de lobo, algumas recomendações deverão ser consideradas:

- 1) Devem ser localizadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- 2) Devem ser localizadas nos pontos baixos dos quarteirões;
- 3) Devem estar espaçadas de no máximo 60 m, mesmo que não haja necessidade devido a alagamento;
- 4) A melhor solução para a instalação de bocas de lobo deverá ser em pontos afastados a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, juntos às esquinas;
- 5) Não devem estar localizadas junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, como mostrado na figura 4.

Figura 4 - Posição da rede coletora na via



Fonte: SÃO PAULO (2012)

e) Galeria

São condutos destinados a conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas de lobo até os pontos de lançamento, ou seja, para o sistema de macrodrenagem.

f) Conduto de ligação (tubo de ligação)

É a tubulação destinada a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita;

g) Poço de visita

Dispositivos localizados em pontos estratégicos do sistema de galerias permitindo a mudança de direção e de declividade, por ser visitável, facilita na inspeção e limpeza da tubulação;

h) Trecho

Parte da galeria localizada entre dois poços de visita;

i) Caixas de ligação

Caixa de alvenaria subterrânea não visitável, que tem como função reunir os condutos de ligação ou estes à galeria.

O projeto de drenagem urbana é dividido em duas etapas: uma hidrológica, para saber a quantidade de água a ser drenada (vazão de projeto), e outra hidráulica, onde é realizado o dimensionamento do sistema que conduzirá essa água.

3.3. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Para executar um projeto de drenagem urbana, o primeiro passo é realizar um estudo hidrológico da área delimitada da bacia. Através deste estudo será possível obter a vazão de projeto, os dados pluviométricos e caracterizar a área a ser estudada.

3.3.1. Vazão de projeto: Método Racional

Segundo Tucci (2001), a vazão máxima de projeto pode ser estimada com base na precipitação, tanto por métodos que representam os principais processos da transformação da precipitação em vazão, quanto pelo Método Racional, que engloba todos os processos em apenas um coeficiente chamado de coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de *runoff*, faz uma compensação das perdas ocasionadas por processos do ciclo hidrológico como a interceptação e a infiltração, pois, nem toda a vazão da chuva se transforma em escoamento superficial. (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2015)

De acordo com Tucci (2001), o Método Racional é aplicado em bacias consideradas pequenas, ou seja, aquelas com área de até 2 km², obtido através da equação (1).

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \quad (1)$$

Onde:

Q - vazão de projeto (m³/s)

C - coeficiente de escoamento superficial - *runoff* (adimensional)

I - intensidade média da precipitação (mm/h)

A - área da bacia de contribuição (ha)

360 - fator de conversão de unidades

3.3.2. Intensidade de precipitação máxima

A intensidade de precipitação máxima é a relação entre a altura da chuva de uma determinada área, dividida pela sua duração.

Para o dimensionamento de obras de drenagem urbana é necessário o conhecimento das grandezas que caracterizam uma precipitação: a intensidade, a duração e a frequência. Essas grandezas são relacionadas através da equação intensidade-duração-frequência (IDF), também conhecida como equação da chuva, e depende de alguns parâmetros locais como mostra a equação (2).

$$I = \frac{k.T_r^a}{(tc + b)^c} \quad (2)$$

Onde:

I - intensidade de precipitação máxima (mm/h)

T_r - tempo ou período de retorno (anos)

tc - tempo de concentração (min)

k, a, b e c - parâmetros locais (adimensional)

De acordo com a etapa 2 do PMSB, o município de Delmiro Gouveia não possui os parâmetros locais para poder utilizar a equação IDF. (DELMIRO GOUVEIA, 2018, p. 351)

Nesse sentido, uma outra forma de determinar a intensidade de precipitação máxima é através de métodos estatísticos diretos, que são baseados na análise probabilística dos registros pluviométricos.

Uma das análises probabilísticas que pode ser utilizada é o método de Gumbel equação (3). Através desse método é possível obter a precipitação para determinados períodos de retorno. (PINTO, HOLTZ, *et al.*, 1976)

$$P_T = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (3)$$

Onde:

P_T - precipitação correspondente ao tempo de retorno (mm/dia)

\ln - logaritmo natural

T - tempo de retorno (anos)

α - coeficiente que depende da duração da precipitação

β - coeficiente que varia com o posto considerado e a duração da precipitação

Os valores de α e β , são dados pelas seguintes equações (4) e (5).

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (4)$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 \cdot S_x \quad (5)$$

Onde:

S_x - desvio padrão da série histórica (mm)

\bar{X} - média da série histórica (mm)

Em seguida, utiliza-se os coeficientes de desagregação (tabela 1) para transformar a precipitação por dia equação (3) em alturas de precipitação para diferentes durações de chuva.

Tabela 1 - Coeficiente de desagregação das precipitações diárias

Duração da chuva	Coeficiente de desagregação
10min / 30min	0,54
30min / 1h	0,74
1h / 24h	0,42
24h / 1dia	1,14

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

Os cálculos para a transformação das precipitações diárias em alturas de precipitação, são realizados através da equação (6).

$$r_{i/j} = \frac{P_i}{P_j} \quad (6)$$

Onde:

$r_{i/j}$ – relação entre as precipitações de duração i e duração j

P_i – precipitação i

P_j – precipitação j

3.3.3. Período de retorno

Tomaz (2002, p. 67), define período de retorno como sendo “o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez”.

Para Tucci (2001), o período de retorno tem relação direta com a segurança da população, pois

Ao decidir-se, portanto, que uma determinada obra será projetada para uma vazão com período de retorno T anos, automaticamente decide-se o grau de

proteção conferido à população ou, em outras palavras, o risco a que esta população ainda está sujeita, mesmo depois da construção da obra. (TUCCI, 2001, p. 813)

A determinação do período de retorno pode ser realizada através da tabela 2.

Tabela 2 - Períodos de retorno para diferentes tipos de ocupação da área

Tipo de Obra	Período de retorno (anos)
Drenagem superficial (meio-fio, sarjeta)	5 ou 10
Galerias	10 ou 25
Macro drenagem	20, 25 ou 50
Pontes	50 ou 100

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

3.3.4. Tempo de concentração

Para Gribbin (2014, p. 168), o tempo de concentração é definido como “[...] uma medição do tempo necessário para o escoamento ocorrer do ponto mais remoto da bacia hidrográfica ao exutório da bacia”.

O tempo de concentração pode ser determinado através de fórmulas empíricas, porém a utilização dessas fórmulas está sujeita a imprecisões e incertezas devido ao tipo de escoamento representado por cada uma delas. (TUCCI, 2001)

Almeida, Masini e Malta (2017) corroboram com Tucci (2001) ao afirmarem que

Existem vários métodos para estimar o valor do tempo de concentração. Esses métodos podem gerar resultados diferentes, pois se tratam de métodos empíricos, que foram desenvolvidos em bacias hidrográficas específicas com características distintas (rurais e urbanas, áreas diferentes etc.). (ALMEIDA, MASINI e MALTA, 2017, p. 29)

A seguir, são descritas algumas dessas fórmulas:

- a) Kirpich** - desenvolvida com dados de 7 (sete) pequenas bacias rurais do Tennessee com declividade variando de 3 a 10% e áreas de no máximo 0,5 km².

$$tc = 3,989.L^{0,770}.S^{-0,385} \quad (7)$$

Onde:

tc - tempo de concentração (min)

L - comprimento do talvegue (km)

S - declividade do talvegue (m/km)

b) California Culverts Practice - é uma modificação da fórmula de Kirpich, apenas substituindo a declividade, ou seja, S por $S = L/H$

$$tc = 57.L^{1,155}.H^{-0,385} \quad (8)$$

Onde:

tc - tempo de concentração (min)

L - comprimento do talvegue (km)

H - diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais alto do talvegue (m)

c) Federal Aviation Agency - desenvolvida para drenagem de aeroportos, é válida para os casos que predomina o escoamento em superfícies de pequenas bacias.

$$tc = 22,73.(1,1 - C).L^{0,50}.S^{-0,33} \quad (9)$$

Onde:

tc - tempo de concentração (min)

C - coeficiente de escoamento superficial - *runoff* (adimensional)

L - comprimento do talvegue (km)

S - declividade do talvegue (m/km)

d) Onda Cinemática – baseada na hipótese de precipitação constante igual ao tempo de concentração e na equação de Manning.

$$tc = 447. (\eta. L)^{0,6}. S^{0,3}. I^{-0,4} \quad (10)$$

Onde:

tc – tempo de concentração (min)

η – coeficiente de Manning (adimensional)

L – comprimento do talvegue (km)

S – declividade do talvegue (m/km)

I – intensidade de precipitação máxima (mm/h)

e) SCS Lag fórmula - desenvolvida em bacias rurais com áreas de drenagem de até 8 km², reflete fundamentalmente o escoamento em superfícies.

$$tc = 342. L^{0,8}. \left[\left(\frac{1.000}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7}. S^{-0,5} \quad (11)$$

Onde:

tc – tempo de concentração (min)

L – comprimento do talvegue (km)

CN – número da curva, pelo método do SCS (adimensional)

S – declividade do talvegue (m/m)

Nos casos de bacias pequenas, em que se utiliza o Método Racional para determinar a vazão de projeto (item 3.3.1), o valor da duração da chuva pode ser adotado como igual ao tempo de concentração. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008)

Segundo recomendações do DNIT, o tempo de concentração adotado para sistemas de drenagem urbana é de no mínimo 10 minutos. (BRASIL, 2006)

3.3.5. Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial, é a relação entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado durante uma determinada chuva. (PINTO, HOLTZ, *et al.*, 1976)

Esse coeficiente é tabelado (tabela 3), seu valor depende da taxa de impermeabilização do terreno, do uso e da ocupação do solo. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008)

Tabela 3 - Valores para o coeficiente de escoamento superficial “runoff”

Zonas	C
EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTE: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques adjacentes, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte: WILKEN (1978)

3.3.6. Área de drenagem

Segundo Diogo e Sciammarella (2008), após definir a área de drenagem deve-se procurar a prefeitura local e fazer um levantamento de dados como: Planos Diretores do município, projetos existentes de redes de águas pluviais na área em estudo e adjacências, plantas, cartas topográficas e fotografias aéreas.

De acordo com a etapa 2 do PMSB, o município não possui um mapeamento das ruas, nenhuma lei e/ou regulamento com interferência direta no sistema de drenagem pluvial e não conta com nenhum estudo específico para a área de drenagem, seja na escala micro ou macro. (DELMIRO GOUVEIA, 2018)

Nesses casos, em que não há dados disponíveis na prefeitura local, existe a possibilidade de se conseguir cartas topográficas ou fotografias aéreas de outras fontes conforme a tabela 4. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008)

Tabela 4 - Lista de entidades fornecedoras de cartas ou imagens cartográficas

Entidade		Produto	Site
Sigla	Nome		
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	cartas, da escala 1:25.000 em diante	http://www.ibge.gov.br
DSG	Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro	cartas, da escala 1:25.000 em diante	http://www.dsg.eb.mil.br
Emplasa	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.	cartas topográficas	http://www.emplasa.sp.gov.br
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico	cartas, da escala 1:2.000 em diante	http://www.igc.sp.gov.br
Internet (programa: Google Earth)		- imagens -	http://earth.google.com
			www.engemap.com.br
			www.ctgeo.com.br
		fotos	www.multispectral.com.br
Empresas de aerofotogrametria		aéreas/ restituições	www.aerocarta.com.br
		aerofotogramétricas	www.engefoto.com
			www.maplanbrasil.com.br

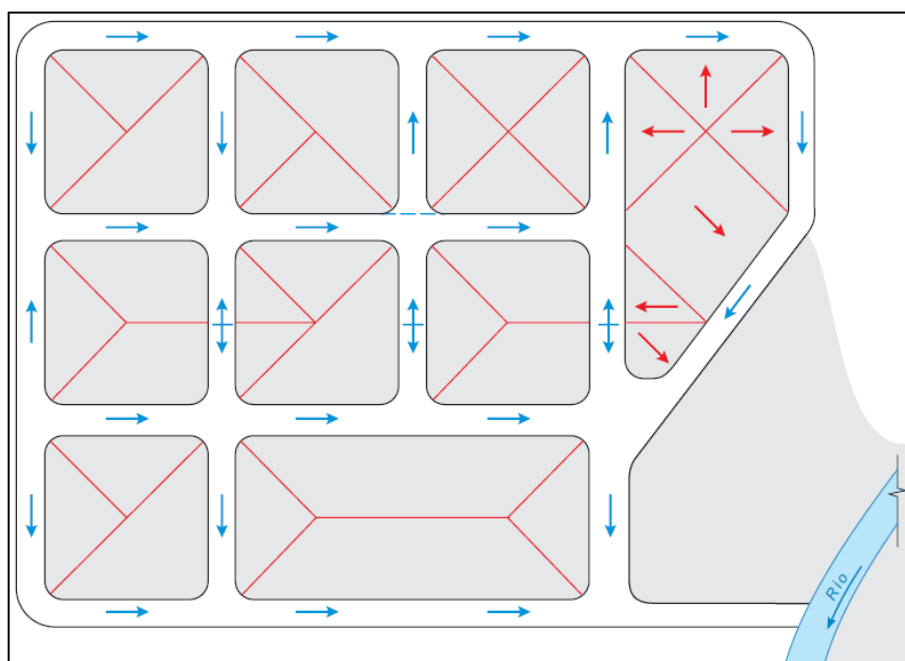
Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

Para a delimitação da área de drenagem alguns aspectos devem ser levados em consideração, um deles é a pavimentação de vias públicas, pois ela ocasiona a impermeabilização do solo, provocando interferência em dois componentes do ciclo hidrológico (item 3.1), a infiltração diminui fazendo com que o escoamento superficial aumente.

A etapa 2 do PMSB destaca que “a impermeabilização do solo, associada à escassez de um sistema adequado de drenagem, pode ocasionar diversos problemas ao município, principalmente em períodos chuvosos”. (DELMIRO GOUVEIA, 2018, p. 317).

De acordo com Diogo e Sciammarella (2008), as áreas de contribuição podem ser divididas através do método do diagrama de telhado representado na figura 5.

Figura 5 - Divisão das áreas de contribuição: método do diagrama de telhado



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

A soma das áreas de contribuição para cada trecho se dará de forma progressiva, verificando às parcelas contribuintes dos quarteirões adjacentes a montante. (TUCCI, 2001)

3.4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

No dimensionamento hidráulico são verificados alguns parâmetros como: a capacidade e a velocidade de escoamento das sarjetas, além da necessidade de utilizar um fator de redução.

3.4.1. Capacidade de condução hidráulica das sarjetas

A avaliação da capacidade de condução hidráulica das sarjetas é fundamental para a prevenção de alagamentos, pois através dela é verificada se as sarjetas suportam a vazão de projeto. Caso a vazão de projeto exceda a vazão da sarjeta, se faz necessário um complemento com outro dispositivo de microdrenagem, como por exemplo uma boca de lobo.

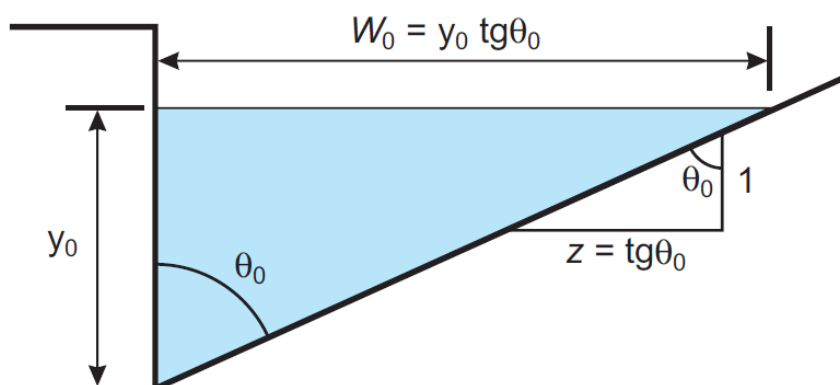
Desse modo, Tucci (2001) enfatiza que:

As águas, ao caírem nas áreas urbanas, escoam inicialmente pelos terrenos até chegarem às ruas. Sendo as ruas abauladas (declividade transversal) e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas e destas ruas abaixo. Se a vazão for excessiva, ocorrerá: alagamento e seus reflexos; inundação de calçadas; velocidades exageradas, com erosão do pavimento. (TUCCI, 2001, p. 829)

Alguns fatores devem ser levados em consideração para se calcular a vazão da sarjeta como as características geométricas, inclinação longitudinal e o tipo de revestimento. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008)

A figura 6 mostra a seção transversal de uma sarjeta triangular, formato comumente utilizado em sistemas de drenagem urbana.

Figura 6 - Seção transversal de uma sarjeta triangular



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

A vazão da sarjeta é calculada através da fórmula de Izzard modificada da equação de Manning (equação 12):

$$Q_0 = 0,375 \cdot y_0^{8/3} \cdot Z \cdot \frac{i^{1/2}}{\eta} \quad (12)$$

Onde:

Q_0 - vazão da sarjeta (m^3/s)

y_0 - lâmina d'água na sarjeta (m)

Z - inverso da declividade transversal (adimensional)

i - declividade longitudinal (m/m)

η - coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional)

A declividade longitudinal da sarjeta (i) é calculada pela equação (13).

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad (13)$$

Onde:

i - declividade longitudinal (m/m)

Δh - desnível do terreno (m)

L – comprimento da via (m)

O desnível do terreno (Δh) é calculado pela equação (14).

$$\Delta h = C_m - C_j \quad (14)$$

Onde:

Δh - desnível do terreno (m)

C_m – cota do terreno a montante (m)

C_j – cota do terreno a jusante (m)

- **Velocidade de escoamento na sarjeta**

De acordo com as recomendações do DNIT, a determinação da velocidade de escoamento na sarjeta (equação 15) é de suma importância, pois permite determinar o tempo de percurso na sarjeta. (BRASIL, 2006)

$$V_0 = 0,958 \cdot \frac{1}{z^{1/4}} \cdot \left(\frac{i^{1/2}}{\eta} \right)^{3/4} \cdot Q_0^{1/4} \quad (15)$$

Onde:

V_0 - velocidade de escoamento (m/s)

z - inverso da declividade transversal (adimensional)

i - declividade longitudinal da sarjeta (m/m)

η - coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional)

Q_0 - vazão de sarjeta (m³/s)

Os valores do coeficiente de rugosidade de Manning “ η ”, utilizados para determinar a velocidade de escoamento nas sarjetas, são estimados de acordo com o tipo de superfície das mesmas, como apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Valores para o coeficiente de rugosidade de Manning

Tipo de superfície	Coeficiente de rugosidade de Manning (η)
Asfalto liso	0,011
Concreto liso/rugoso	0,012
Pisos cerâmicos	0,015
Pavimento intertravado/paralelepípedo	0,024
Gramados (esparcos/densos)	0,15/0,24
Vegetação arbustiva (leve/densa)	0,40/0,80
Plantações rasteiras (normais)	0,13

Fonte: CANHOLI (2005)

- **Fator de redução**

Para evitar os riscos provocados por velocidades de escoamento fora dos limites da Tabela 6, é aplicado um fator de redução, obtendo assim a capacidade de vazão admissível da sarjeta.

De acordo com Tucci (2001, p. 835), “uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução que leva em conta a possibilidade de obstrução da sarjeta de pequena declividade por sedimentos”.

Com isso, a capacidade admissível da sarjeta será calculada através da equação (16).

$$Q_{adm} = F_R \cdot Q_0 \quad (16)$$

Onde:

Q_{adm} – é a vazão admissível (m^3/s)

F_R – é o fator de redução (adimensional)

Q_0 – é a vazão teórica

O valor do fator de redução (F_R) é obtido através da tabela 7.

Tabela 6 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,50
0,6	0,80
2,0	0,80
3,0	0,70
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

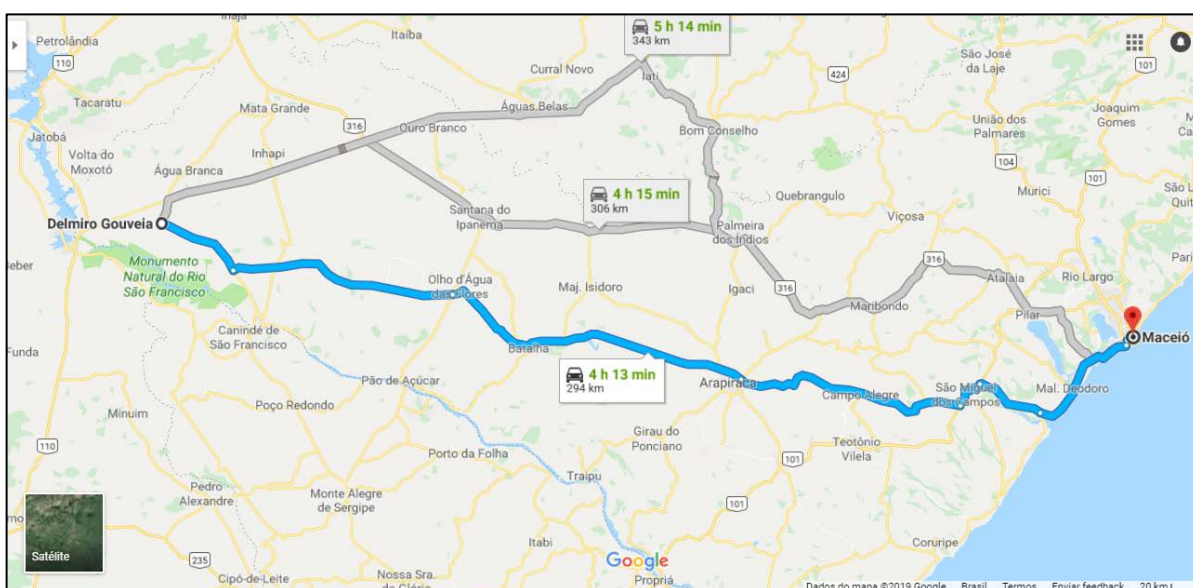
4. ÁREA DE ESTUDO

O município de Delmiro Gouveia está localizado no oeste do Estado de Alagoas, região Nordeste do país, limitando-se a norte com os municípios de Água Branca (AL) e Pariconha (AL), a leste com Olho D'Água do Casado (AL), a sul com Canindé do São Francisco (SE) e Paulo Afonso (BA) e a oeste com Jatobá (PE), Glória (BA) e Paulo Afonso (BA).

Segundo os dados do IBGE (2018), o município possui uma população estimada de 51.763 habitantes e área territorial de 626,69 km², inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e microrregião do Alto Sertão do Rio São Francisco

O acesso a capital estadual Maceió, é feito através das rodovias BR-104, BR-316, BR-423 e AL-220, com percurso de aproximadamente 294 km (figura 7).

Figura 7 - Distância de Delmiro Gouveia à Maceió



Fonte: GOOGLE MAPS (2019)

A área de estudo é o bairro Novo, com altitudes que variam de 239 a 284 m, fica localizado próximo ao centro do município e está inserido na bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

Há muitos anos o bairro sofre com alagamentos e inundações nos períodos chuvosos. A figura 8 mostra uma inundação ocorrida no dia 23 de janeiro de 2016.

Segundo os dados pluviométricos da estação Delmiro Gouveia obtidos na ANA (2019), nesse dia a precipitação de chuva registrada foi de 55,90 mm, esse valor foi o correspondente a precipitação máxima ocorrida no ano de 2016.

Figura 8 - Fortes chuvas provocam alagamento no bairro Novo



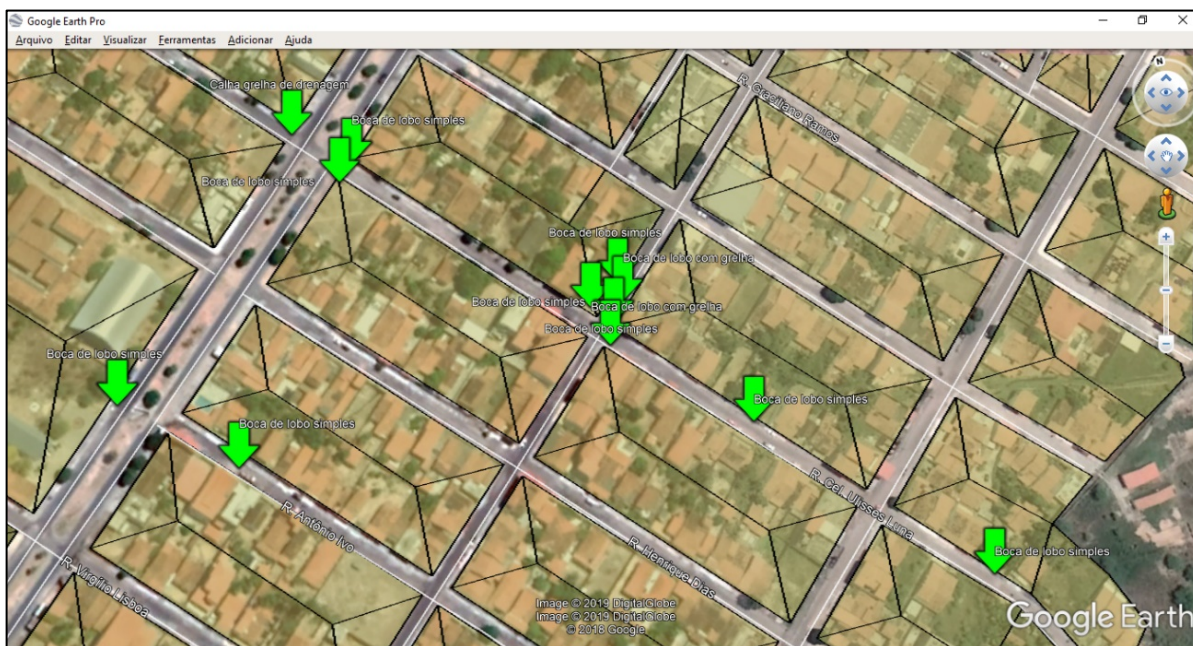
Fonte: ALAGOAS 24 HORAS (2016)

Foram realizadas diversas visitas de campo com o propósito de identificar a delimitação da área de drenagem, localizar os dispositivos de microdrenagem existentes e o seus respectivos estados de conservação, bem como verificar os locais onde ocorriam mudanças de declividade e possíveis áreas inundáveis.

Além das sarjetas, identificou-se a presença de 12 (doze) dispositivos de microdrenagem (figura 9) distribuídos por 9 (nove) trechos, sendo:

- 09 bocas de lobo simples
- 02 bocas de lobo com grelha
- 01 calha grelha de drenagem

Figura 9 - Dispositivos de microdrenagem existentes no bairro Novo



Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

No cruzamento da rua Coronel Ulisses Luna com a avenida Antônio José da Costa, observou-se a existência de uma calha grelha de drenagem (figura 10). Esses dispositivos, são instalados geralmente em pontos estratégicos, com a finalidade de captar e direcionar o excedente de água pluvial para os pontos de lançamentos.

Figura 10 - Calha grelha de drenagem



Fonte: Elaborado pelo autor

Por outro lado, existem locais em que faltam dispositivos de microdrenagem para conduzir o escoamento superficial, como é o caso do cruzamento da avenida Antônio José da Costa com a rua Teotônio Vilela (figura 11). Pode-se observar as águas pluviais sendo conduzidas através de uma erosão no pavimento.

Figura 11 - Erosão causada por falta de dispositivo de microdrenagem



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 12 mostra uma boca de lobo obstruída pelo uso indevido da população, evidenciando a falta de fiscalização da prefeitura local. Essa boca de lobo está localizada nos cruzamentos da avenida Antônio José da Costa com a rua Coronel Ulisses Luna.

Figura 12 - Uso indevido de boca de lobo



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 13 ilustra uma das bocas de lobo existentes no bairro, danificada e entupida, deste modo, o acúmulo de lixo impede que os dispositivos de microdrenagem exerçam sua principal função, de escoamento da água pluvial excedente, podendo assim ocasionar alagamentos.

Figura 13 - Acúmulo de lixo na boca de lobo



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante as visitas de campo, observou-se também a falta de manutenção dos dispositivos de microdrenagem.

A figura 14 mostra o péssimo estado de conservação de uma boca de lobo localizada no cruzamento entre a rua Coronel Ulisses Luna e a avenida Antônio José da Costa.

Figura 14 - Falta de manutenção nos dispositivos de microdrenagem



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo a etapa 2 do PMSB, o órgão da prefeitura local responsável pelo sistema de drenagem pluvial, controle, fiscalização e manutenção das infraestruturas existentes é a Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINFRA). (DELMIRO GOUVEIA, 2018)

5. METODOLOGIA

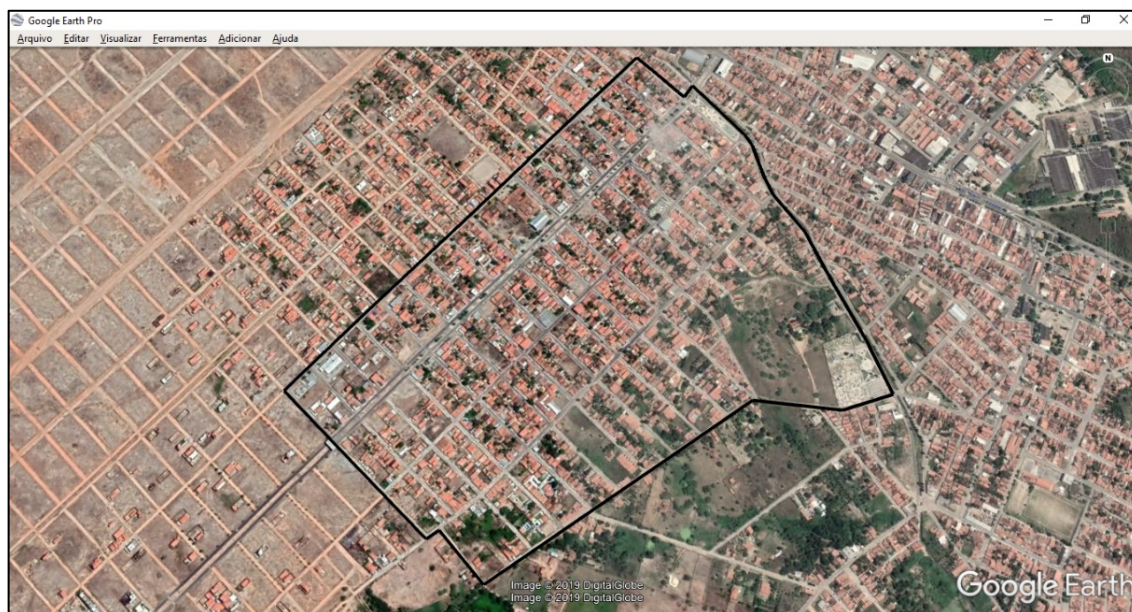
- **Levantamento dos dados**

Para o levantamento dos dados topográficos, devido à falta de plantas, cartas topográficas e fotografias aéreas do bairro Novo junto a prefeitura local, optou-se pelo uso do software *Google Earth* como fonte alternativa de acordo com a tabela 4.

Inicialmente foi delimitada a área de drenagem. Como já foi descrito no item 3.3.6, a pavimentação é um fator que influencia diretamente no escoamento superficial devido a impermeabilização do solo, portanto, para a avaliação dos dispositivos de microdrenagem delimitou-se apenas as vias pavimentadas do bairro Novo (figura 15).

Além do fator da pavimentação, também foi observado através do desnível das vias não pavimentadas que estas não contribuem com a área de drenagem delimitada.

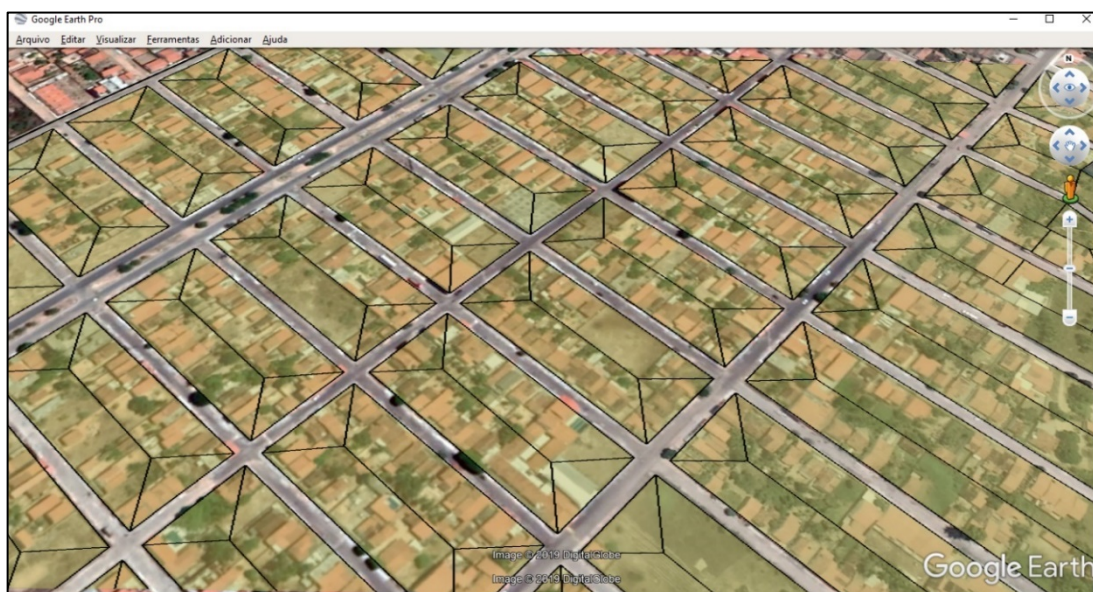
Figura 15 - Delimitação da área de drenagem



Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

Em seguida, foi realizada a divisão das áreas de contribuição através do método do diagrama de telhado proposto no item 3.3.6 e representado na figura 5, o software *Google Earth* possui a ferramenta “polígono” que facilita essa divisão (figura 16).

Figura 16 - Divisão das áreas de contribuição

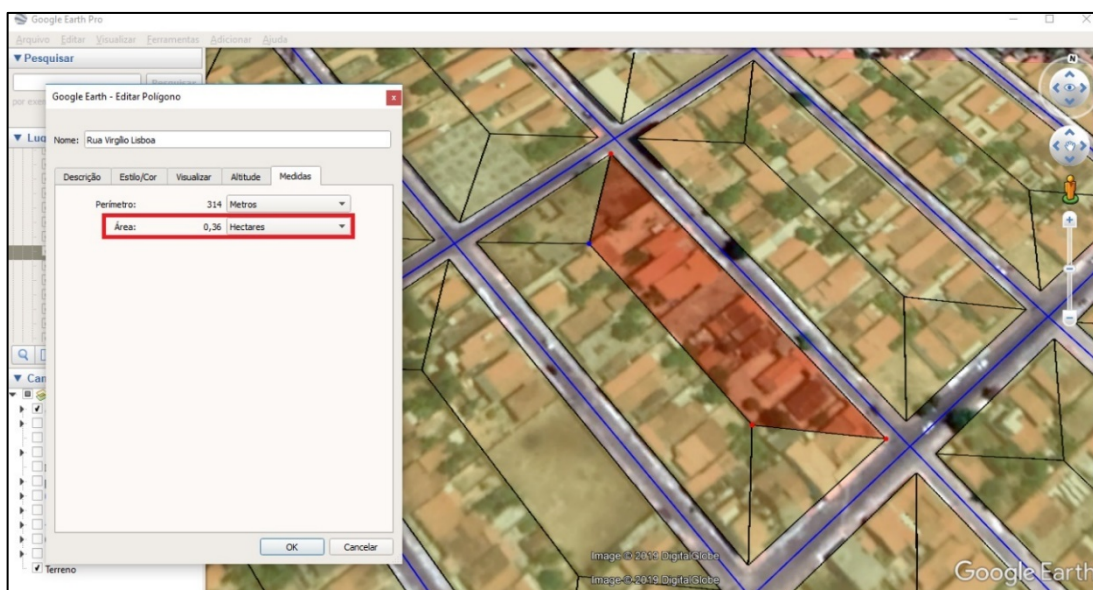


Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

Os dados das áreas de contribuição (figura 17) são essenciais para os cálculos tanto das vazões de projeto quanto para a análise da capacidade de condução hidráulica das sarjetas.

O software *Google Earth* dispõe de diversas unidades de medidas para área, neste trabalho foi definido o hectare (ha) por ser a unidade utilizada na equação do Método Racional.

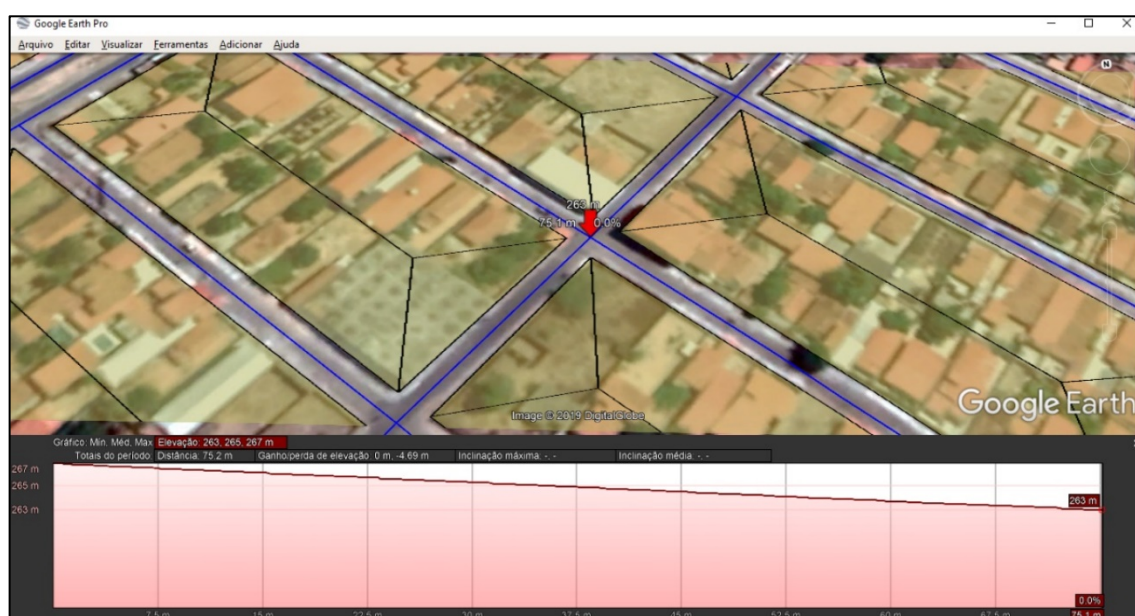
Figura 17 - Determinação das áreas de contribuição



Fonte: Adaptada de GOOGLE EARTH (2019)

Para o traçado dos trechos e do curso d'água, o software *Google Earth* dispõe da ferramenta “adicionar caminho”, essa ferramenta proporciona através da opção “mostrar perfil de elevação” a obtenção dos dados referentes aos comprimentos e cotas a montante e a jusante para cada trecho, facilitando assim no cálculo do desnível e da declividade do terreno, o que possibilitou determinar o sentido do escoamento superficial (figura 18).

Figura 18 - Perfil de elevação do trecho

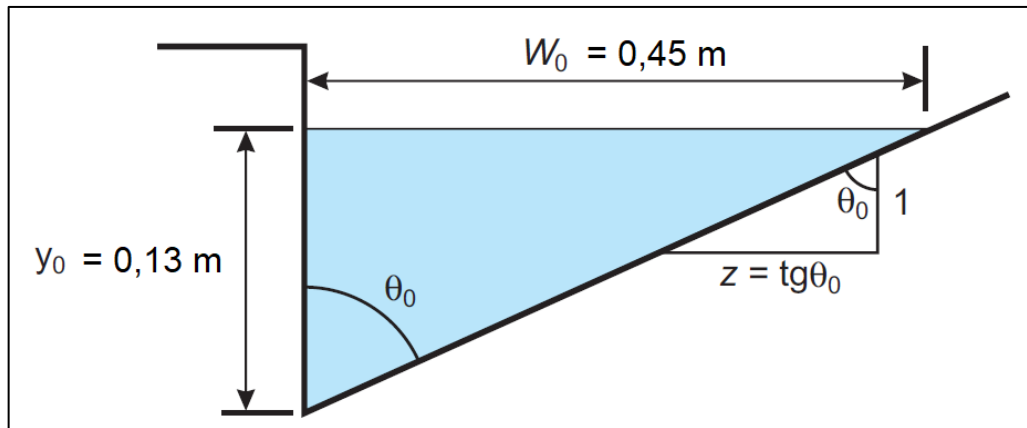


Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

Durante as visitas de campo, foi possível observar o formato e verificar as dimensões das sarjetas, dessa forma adotou-se as sarjetas triangulares (figura 19) com as dimensões semelhantes aquelas já existentes no bairro:

- w_0 – largura da sarjeta: 0,45 m
- y_0 – lâmina d'água máxima na sarjeta: 0,13 m

Figura 19 - Sarjeta triangular: dimensões adotadas



Fonte: Modificada de DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

Para realizar os cálculos referentes a verificação da capacidade de condução hidráulica das sarjetas, foi desenvolvida uma planilha eletrônica através do software Excel (figura 20).

Figura 20 - Planilha resumo de memória de cálculo

Via pública	Trecho	C_m (m)	C_j (m)	Δh (m)	L (m)	i (mm)	τc (min)	A_c (ha)	Q_p (m³/s)	Q_0 (m³/s)	Q_{adm} (m³/s)	V (m/s)	$Q_p < Q_{adm}$

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Roteiro do cálculo da capacidade de condução hidráulica das sarjetas**

- a) Coluna 1 – Via pública**

Indicação da via pública que foi realizado o cálculo da capacidade de condução das sarjetas, as vias públicas foram delimitadas no item 3.3.6.

- b) Coluna 2 – Trecho**

As vias públicas foram separadas por trechos (figura 16), essa coluna indica o número do trecho da via que foi avaliado.

- c) Coluna 3 – Cota do terreno a montante (C_m)**

Essa coluna foi preenchida com o valor da cota do terreno a montante do trecho em metros, a figura 18 demonstra como as cotas foram obtidas.

- d) Coluna 4 – Cota do terreno a jusante (C_j)**

É a mesma metodologia da coluna 3, só que o valor utilizado é o referente a cota do terreno a jusante do trecho.

- e) Coluna 5 – Desnível (Δh)**

Valor em metros da diferença entre as colunas 3 e 4 (equação 14)

- f) Coluna 6 – Comprimento do trecho (L)**

Essa coluna foi preenchida com o valor do comprimento do trecho em metros, os valores dos comprimentos foram obtidos conforme a Figura 18.

- g) Coluna 7 – Declividade (i)**

Valor em metros por metros da divisão da coluna 5 pela coluna 6 (equação 13)

- h) Coluna 8 – Tempo de concentração (t_c)**

O valor em minutos calculado através da fórmula empírica da FAA (equação 9). Essa fórmula foi adotada porque a área de estudo está localizada em um meio urbano e utiliza o coeficiente de escoamento superficial como uma de suas variáveis.

Para esse cálculo são utilizados os resultados das colunas 6 e 7, além do coeficiente de escoamento superficial adotado pela tabela 3.

i) Coluna 9 – Área de contribuição (A_c)

O preenchimento dessa coluna foi feito através da soma das áreas em hectares que contribuíam a montante com o trecho, conforme descrito no item 3.3.6. As áreas de contribuição dos trechos a montante em que a vazão de projeto ultrapassou a capacidade da sarjeta foram desconsideradas para o próximo trecho, pois subentende-se que a vazão será captada pela boca de lobo.

j) Coluna 10 – Vazão de projeto (Q_p)

Para essa coluna foi utilizado o Método Racional descrito no item 3.3.1, pois a área de drenagem correspondeu a uma bacia pequena ($\leq 2 \text{ km}^2$).

O valor, em metros cúbicos por segundo, foi calculado com os dados da área da coluna 9, da intensidade de precipitação máxima e do coeficiente de escoamento superficial (equação 1).

Para o cálculo da intensidade de precipitação máxima, como o município não tinha os parâmetros necessários para a equação IDF, foram utilizados os dados da estação pluviométrica Delmiro Gouveia (código 937013) correspondente a série histórica de 39 anos (1980 a 2018), completas, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) através do portal *Hidroweb*.

Os dados da série histórica foram fornecidos em formato de planilha eletrônica, logo, calculou-se a média e o desvio padrão das precipitações anuais com o auxílio do software Excel.

Em seguida, obteve-se a intensidade de precipitação máxima realizando o método de Gumbel descrito no item 3.3.2.

O coeficiente de escoamento superficial foi obtido através da tabela 3.

k) Coluna 11 – Capacidade teórica da sarjeta (Q_0)

Para o cálculo da capacidade teórica da sarjeta, em metros cúbicos por segundo, foi utilizada a fórmula de Izzard modificada de Manning (equação 12).

O coeficiente de rugosidade de Manning foi obtido através da tabela 5, o formato e as dimensões da sarjeta foram adotados de acordo com as visitas de campo.

l) Coluna 12 – Capacidade admissível da sarjeta (Q_{adm})

Para se obter a capacidade admissível da sarjeta, em metros cúbicos por segundo, multiplica-se o resultado da coluna 11 pelo fator de redução adotado conforme tabela 7.

m) Coluna 13 – Velocidade (V)

O cálculo da velocidade de escoamento da sarjeta, em metros por segundo, é realizado através da equação (15).

n) Coluna 14 – Condição ($Q_p < Q_{adm}$)

Nessa coluna é verificada se a vazão de projeto é maior do que a vazão admissível da sarjeta.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados todos os resultados obtidos nos cálculos da vazão e do dimensionamento hidráulico.

6.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

6.1.1. Vazão de projeto

A área de drenagem (figura 15) calculada pelo software *Google Earth* foi de 0,86 km². Por ser considerada uma bacia pequena (≤ 2 km²), utilizou-se o Método Racional conforme descrito no item 3.3.1.

6.1.2. Intensidade de precipitação máxima

As precipitações máximas anuais do município de Delmiro Gouveia referentes a série histórica de 1980 a 2018, e os valores de média e desvio padrão, estão apresentados na tabela 8.

Tabela 7 - Média e desvio padrão das precipitações máximas anuais

Ano	Precipitação máxima (mm)	Ano	Precipitação máxima (mm)
1980	63,00	2001	89,30
1981	91,60	2002	51,20
1982	36,50	2003	90,50
1983	86,20	2004	93,30
1984	41,40	2005	109,10
1985	108,00	2006	39,50
1986	64,80	2007	55,50
1987	46,80	2008	78,20
1988	28,40	2009	67,90
1989	65,20	2010	43,60
1990	37,40	2011	79,30
1991	111,00	2012	39,10
1992	52,20	2013	35,50
1993	42,20	2014	74,40
1994	58,00	2015	29,90
1995	66,40	2016	55,90
1996	43,50	2017	29,90
1997	61,80	2018	75,50
1998	18,10		
1999	121,30	Média	63,38
2000	90,50	Desvio Padrão	26,21

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados dos coeficientes α (equação 4) e β (equação 5), estão apresentados na tabela 9.

Tabela 8 - Valores dos coeficientes alfa e beta

α	β
0,05	51,56

Fonte: Elaborado pelo autor

O valor obtido no cálculo da precipitação máxima diária correspondente ao tempo de retorno de 5 anos, através da equação (3), foi de 82,21 mm/dia.

Com a utilização dos coeficientes de desagregação da Tabela 1, a precipitação máxima diária foi transformada em alturas de precipitação para durações de chuva de 24h, 1h, 30min e 10min. Os resultados dessas alturas de precipitação estão demonstrados na tabela 10.

Tabela 9 - Alturas de precipitação para diferentes durações de chuva

24 h	1 h	30 min	10 min
93,72	39,36	29,13	15,73

Fonte: Elaborado pelo autor

O resultado de 15,73 mm de altura de precipitação (tabela 10) correspondente a duração de chuva de 10 minutos, tempo de concentração adotado para obras de microdrenagem descrito no item 3.3.4, foi transformado em intensidade de precipitação máxima (mm/h). Dessa forma, obteve-se o valor de 94,38 mm/h.

6.1.3. Tempo de concentração

Entre as fórmulas empíricas descritas no item 3.3.4, a metodologia proposta pela FAA é a que melhor corresponde com as características da área de estudo.

Desse modo, foi calculado para todas as vias públicas os respectivos tempos de concentração, sendo os resultados apresentados no apêndice A. Os resultados apresentaram uma variação de 06 a 34 minutos, desse modo, foi adotado o tempo de concentração mínimo recomendado pelo DNIT, ou seja, 10 minutos (item 3.3.4).

6.1.4. Período de retorno

O período de retorno foi determinado conforme a tabela 2. Foi adotado o período de retorno de 5 anos, por se tratar de uma obra de drenagem superficial (sarjetas).

6.1.5. Coeficiente de escoamento superficial

A área de estudo está localizada próximo ao centro da cidade e tem como característica ruas e calçadas pavimentadas, logo, adotou-se o coeficiente de escoamento superficial de 0,60 de acordo com a tabela 3.

6.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

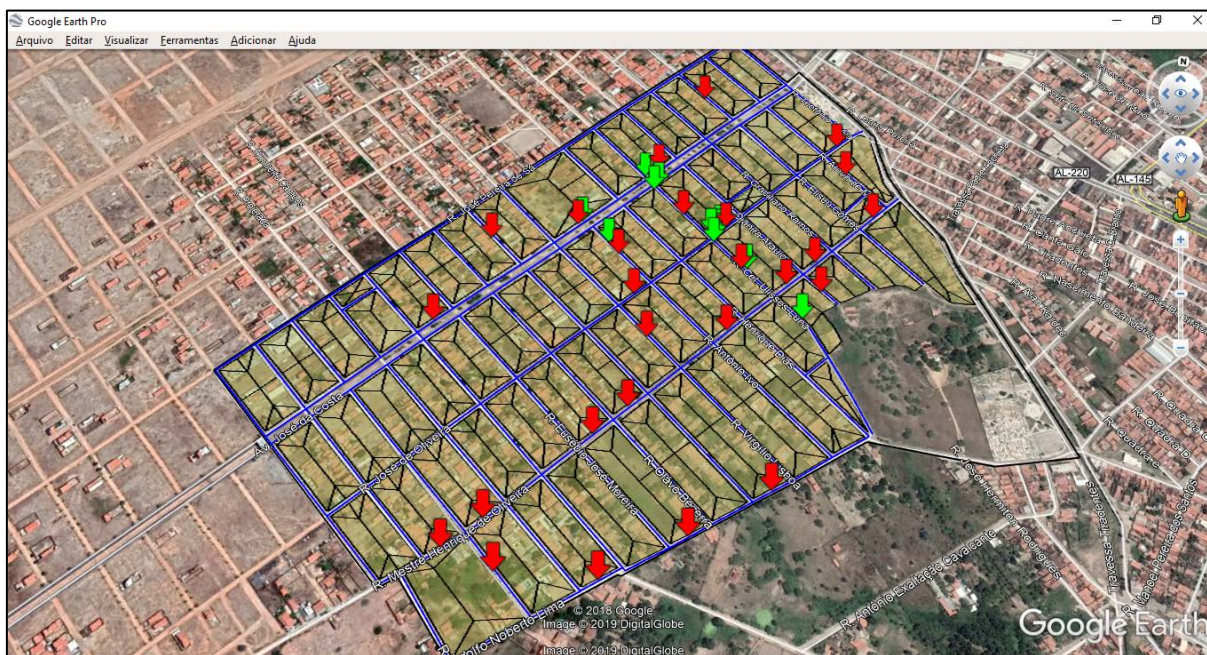
6.2.1. Capacidade de condução hidráulica das sarjetas

A partir dos cálculos realizados na planilha eletrônica do software Excel (figura 20), foi possível verificar em quais trechos da área de estudo a vazão de projeto excedeu a capacidade de condução hidráulica das sarjetas.

De acordo com os resultados apresentados no apêndice A , observa-se que em 26 (vinte e seis) trechos de vias públicas a vazão de projeto é excessiva para as sarjetas. Desta forma, se faz necessário a complementação com outro dispositivo, ou seja, a implantação de bocas de lobo nesses trechos.

A figura 21 demonstra os dispositivos presentes na área de estudo (setas verdes), ao mesmo tempo os trechos em que deveriam existir bocas de lobo (setas vermelhas) segundo os resultados dos estudos realizados por este trabalho.

Figura 21 - Trechos com necessidade de bocas de lobo



Fonte: GOOGLE EARTH (2019)

É possível observar que em alguns trechos os dispositivos já existentes na área de estudo de fato estão localizados em pontos de alagamentos, porém há ausência de bocas de lobo na maioria dos locais onde a capacidade das sarjetas é inferior a vazão de projeto.

7. CONCLUSÃO

Embora o bairro Novo possua um sistema de drenagem, ainda acontecem vários problemas relacionados a alagamentos em períodos de chuvas intensas. Diante disso, buscou-se avaliar se os dispositivos de microdrenagem presentes na área de estudo foram dimensionados conforme as orientações do DNIT e da literatura de autores influentes no meio, visto que no Brasil não existe normas específicas para o tema.

Ao verificar *in loco* a situação dos dispositivos de microdrenagem durante um período de chuva intensa, foi possível encontrar vários pontos de obstrução das bocas de lobo e sarjetas, bem como um acúmulo de lixo nesses locais. Segundo a etapa 2 do PMSB o órgão da prefeitura responsável pela manutenção e fiscalização do sistema de drenagem urbana, é a SEINFRA.

Constatou-se que há irregularidades no projeto inicial, pois, os resultados obtidos mostram que a vazão de projeto excede a capacidade de escoamento das sarjetas em 26 (vinte e seis) trechos de vias públicas, com isso, se faz necessário a instalação de bocas de lobo. Como na área de estudo existem bocas de lobo em apenas 9 (nove) trechos, conclui-se que o sistema de microdrenagem foi subdimensionado.

Essa insuficiência de bocas de lobo em alguns trechos, somado a falta de manutenção desses dispositivos, a falta de compromisso da população quanto ao descarte do lixo, entupindo as bocas de lobo e obstruindo diversas sarjetas, são os principais fatores que ocasionam os problemas de alagamentos na área de estudo.

Por este motivo, recomenda-se uma revisão do dimensionamento de todo o sistema de microdrenagem do bairro Novo, reparos no sistema existente, além de adoção de medidas com o propósito de reduzir os impactos negativos na região.

No tocante, espera-se que este trabalho venha a contribuir junto à discentes que almejam ampliar o conhecimento acerca dos sistemas de drenagem urbana, especificamente a microdrenagem.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS 24 HORAS. **Sertão? Delmiro Gouveia sofre com alagamentos após forte chuva**, 2016. Disponível em: <<http://www.alagoas24horas.com.br/948547/sertao-delmiro-gouveia-sofre-com-alagamentos-apos-forte-chuva/>>. Acesso em: 23 maio 2016.

ALMEIDA, G.; MASINI, L.; MALTA, L. **Hidrologia e drenagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 200 p.

ANA. Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries Históricas de Estações**, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 17 fev. 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT). **Manual de drenagem de Rodovias**, Rio de Janeiro, p. 333, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana: Manual de Projeto**. 2. ed. São Paulo: DAEE, 1980. 468 p.

DELMIRO GOUVEIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico da Situação do Saneamento Básico**, 2018. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017//box/uploads/2018/09/P2-3-DIAGN%C3%93STICO-PMSB-DELMIRO-GOUVEIA.pdf>>. Acesso em: 2018 nov. 19.

DIOGO, F. J. D. A.; SCIAMMARELLA, J. C. **Drenagem: manual de projetos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

FCTH. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: FCTH, 1999.

GOOGLE. **Google Maps**, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/dir/Delmiro+Gouveia+-+AL/Macei%C3%B3+-+AL>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. Tradução de Andrea Pisan Soares Aguiar. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/delmiro-gouveia/panorama>>. Acesso em: 20 novembro 2018.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PINTO, N. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos**, São Paulo, p. 128, 2012. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo: Navegar, 2002. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro07calculo_hidrologico.pdf>.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478 p.

APÊNDICE A: Planilha resumo de memória de cálculo

Via pública	Trecho	C_m (m)	C_j (m)	Δh (m)	L (m)	i (mm)	tc (min)	Ac (ha)	Q_P (m ³ /s)	Q_0 (m ³ /s)	Q_{adm} (m ³ /s)	V (m/s)	$Q_P < Q_{adm}$
Av. José Pereira de Sá	1	284,70	284,59	0,11	37,40	0,0029	15	0,0523	0,008	0,198	0,099	0,87	Sim
	2	284,70	284,37	0,33	35,90	0,0092	10	0,0489	0,008	0,350	0,175	1,54	Sim
	3	284,37	283,74	0,63	69,00	0,0091	14	0,4759	0,075	0,349	0,174	1,53	Sim
	4	283,74	282,85	0,89	72,50	0,0123	13	0,8848	0,139	0,404	0,202	1,78	Sim
	5	282,85	280,77	2,08	70,40	0,0295	10	1,0231	0,161	0,627	0,314	2,76	Sim
	6	280,77	278,08	2,69	71,80	0,0375	9	1,3280	0,209	0,706	0,353	3,10	Sim
	7	278,08	274,44	3,64	72,90	0,0499	8	1,7383	0,273	0,815	0,408	3,58	Sim
	8	274,44	270,82	3,62	71,80	0,0504	8	2,1479	0,338	0,819	0,410	3,60	Sim
	9	270,82	268,76	2,06	73,50	0,0280	10	0,0852	0,013	0,611	0,305	2,68	Sim
	10	268,76	266,06	2,70	145,00	0,0186	16	0,2055	0,032	0,498	0,249	2,19	Sim
	11	266,06	265,45	0,61	73,60	0,0083	15	0,7590	0,119	0,332	0,166	1,46	Sim
	12	265,45	264,75	0,70	70,70	0,0099	14	0,0824	0,013	0,363	0,182	1,60	Sim
	13	264,75	263,00	1,75	72,20	0,0242	10	0,4802	0,076	0,568	0,284	2,50	Sim
	14	263,00	260,32	2,68	72,00	0,0372	9	0,8814	0,139	0,704	0,352	3,09	Sim
	15	260,32	257,22	3,10	72,30	0,0429	9	0,0879	0,014	0,756	0,378	3,32	Sim
	16	257,22	254,38	2,84	71,70	0,0396	9	0,0860	0,014	0,726	0,363	3,19	Sim
R. Projetada IV	1	284,82	284,59	0,23	75,00	0,0031	21	0,1828	0,029	0,202	0,101	0,89	Sim
	2	284,82	284,02	0,80	76,80	0,0104	14	0,1796	0,028	0,372	0,186	1,64	Sim
	3	283,42	277,41	6,01	152,00	0,0395	13	0,3444	0,054	0,726	0,363	3,19	Sim
	4	277,41	271,61	5,80	134,00	0,0433	12	0,7294	0,115	0,759	0,380	3,34	Sim
R. Projetada III	1	284,46	284,37	0,09	74,60	0,0012	29	0,3411	0,054	0,127	0,063	0,56	Sim
	2	284,46	283,06	1,40	76,80	0,0182	12	0,3378	0,053	0,493	0,246	2,16	Sim
	3	282,74	277,24	5,50	153,00	0,0359	13	0,7706	0,121	0,692	0,346	3,04	Sim
	4	277,24	270,17	7,07	146,00	0,0484	12	1,5941	0,251	0,803	0,401	3,53	Sim
R. Projetada II	1	283,74	283,15	0,59	74,20	0,0080	15	0,3174	0,050	0,325	0,163	1,43	Sim
	2	283,15	281,75	1,40	77,20	0,0181	12	0,3199	0,050	0,491	0,246	2,16	Sim
	3	281,43	276,19	5,24	153,00	0,0342	14	0,8099	0,127	0,675	0,338	2,97	Sim
	4	276,19	268,28	7,91	154,00	0,0514	12	1,6852	0,265	0,827	0,413	3,63	Sim
	5	268,28	263,28	5,00	162,00	0,0309	14	2,8495	0,448	0,641	0,321	2,82	Não
Av. Antônio José da Costa (1)	1	283,65	283,38	0,27	36,20	0,0075	11	0,0468	0,007	0,315	0,158	1,38	Sim
	2	283,38	282,71	0,67	37,40	0,0179	8	0,0471	0,007	0,488	0,244	2,15	Sim
	3	282,71	281,40	1,31	72,00	0,0182	11	0,4762	0,075	0,492	0,246	2,16	Sim
	4	281,40	280,12	1,28	70,00	0,0183	11	0,8883	0,140	0,493	0,247	2,17	Sim
	5	280,12	278,37	1,75	72,90	0,0240	11	1,5096	0,237	0,565	0,283	2,48	Sim
	6	278,37	275,97	2,40	72,40	0,0331	9	2,1237	0,334	0,664	0,332	2,92	Não
	7	275,97	272,31	3,66	73,50	0,0498	8	0,4713	0,074	0,814	0,407	3,58	Sim
	8	272,31	268,44	3,87	72,50	0,0534	8	0,9226	0,145	0,843	0,422	3,70	Sim
	9	268,44	265,15	3,29	73,40	0,0448	9	1,0222	0,161	0,773	0,386	3,39	Sim
	10	265,15	261,59	3,56	148,00	0,0241	15	2,4360	0,383	0,566	0,283	2,49	Não
	11	261,59	261,09	0,50	70,60	0,0071	15	0,6121	0,096	0,307	0,154	1,35	Sim
	12	261,15	261,09	0,06	72,50	0,0008	32	0,4818	0,076	0,105	0,052	0,46	Não
	13	261,28	261,15	0,13	36,90	0,0035	14	0,0428	0,007	0,217	0,108	0,95	Sim
	14	261,28	260,90	0,38	36,40	0,0104	10	0,0422	0,007	0,373	0,186	1,64	Sim
	15	260,90	259,33	1,57	72,70	0,0216	11	0,4809	0,076	0,536	0,268	2,36	Sim
	16	259,33	256,19	3,14	73,00	0,0430	9	0,5657	0,089	0,757	0,378	3,32	Sim
	17	256,19	252,09	4,10	72,80	0,0563	8	1,4259	0,224	0,866	0,433	3,80	Sim
R. Projetada I	1	282,85	282,57	0,28	36,70	0,0076	11	0,0895	0,014	0,319	0,159	1,40	Sim
	2	282,57	280,41	2,16	115,00	0,0188	14	0,5286	0,083	0,500	0,250	2,20	Sim
	3	280,09	276,35	3,74	152,00	0,0246	15	0,7695	0,121	0,572	0,286	2,51	Sim
	4	276,35	268,92	7,43	155,00	0,0479	12	1,6322	0,257	0,799	0,399	3,51	Sim
	5	268,92	261,23	7,69	176,00	0,0437	13	1,3134	0,207	0,763	0,381	3,35	Sim
Tv. Humberto Campos	1	282,57	280,31	2,26	71,50	0,0316	10	0,1199	0,019	0,649	0,324	2,85	Sim
R. Humberto Campos	1	280,77	280,35	0,42	37,90	0,0111	10	0,2136	0,034	0,384	0,192	1,69	Sim
	2	280,35	278,70	1,65	115,00	0,0143	16	0,5221	0,082	0,437	0,219	1,92	Sim
	3	278,44	275,48	2,96	152,00	0,0195	16	0,7601	0,120	0,509	0,255	2,24	Sim
	4	275,48	269,22	6,26	155,00	0,0404	13	0,7535	0,119	0,733	0,367	3,22	Sim
	5	269,22	259,37	9,85	196,00	0,0503	13	0,9314	0,147	0,818	0,409	3,59	Sim

Continua

Via pública	Trecho	C_m (m)	C_j (m)	Δh (m)	L (m)	i (mm)	t_c (min)	Ac (ha)	Q_P (m ³ /s)	Q_0 (m ² /s)	Q_{adm} (m ³ /s)	V (m/s)	$Q_P < Q_{adm}$
R. Euzébio José Moreira	1	278,08	276,80	1,28	71,50	0,0179	11	0,3211	0,051	0,488	0,244	2,15	Sim
	2	276,80	276,30	0,50	81,70	0,0061	17	0,3826	0,060	0,285	0,143	1,25	Sim
	3	276,37	275,32	1,05	78,10	0,0134	13	0,3608	0,057	0,423	0,212	1,86	Sim
	4	275,32	273,43	1,89	75,90	0,0249	11	0,3546	0,056	0,576	0,288	2,53	Sim
	5	273,43	267,58	5,85	154,00	0,0380	13	1,5724	0,247	0,711	0,356	3,12	Sim
	6	267,58	256,98	10,60	212,00	0,0500	14	1,8582	0,292	0,816	0,408	3,58	Sim
R. Olavo Bezerra	1	274,44	273,43	1,01	71,40	0,0141	12	0,3244	0,051	0,434	0,217	1,91	Sim
	2	273,43	272,67	0,76	81,80	0,0093	15	0,3669	0,058	0,352	0,176	1,55	Sim
	3	272,75	272,65	0,10	79,20	0,0013	29	0,3423	0,054	0,130	0,065	0,57	Sim
	4	272,67	271,21	1,46	75,30	0,0194	11	0,3250	0,051	0,508	0,254	2,23	Sim
	5	271,21	264,88	6,33	156,00	0,0406	13	2,0460	0,322	0,735	0,368	3,23	Sim
	6	264,88	259,93	4,95	105,00	0,0471	10	0,4944	0,078	0,792	0,396	3,48	Sim
	7	259,93	254,21	5,72	122,00	0,0469	11	0,6343	0,100	0,790	0,395	3,47	Sim
R. Ana Nery	1	270,82	268,82	2,00	153,00	0,0131	19	2,8296	0,445	0,417	0,209	1,83	Não
	2	268,82	268,58	0,10	79,20	0,0013	29	0,3554	0,056	0,130	0,065	0,57	Sim
	3	268,58	268,08	0,50	75,50	0,0066	16	0,3469	0,055	0,297	0,148	1,30	Sim
	4	268,08	266,04	2,04	74,50	0,0274	10	0,3329	0,052	0,604	0,302	2,65	Sim
	5	266,04	262,81	3,23	84,00	0,0385	10	0,3672	0,058	0,716	0,358	3,14	Sim
	6	262,81	258,42	4,39	106,00	0,0414	11	0,5092	0,080	0,743	0,371	3,26	Sim
	7	258,42	252,69	5,73	135,00	0,0424	12	0,7228	0,114	0,752	0,376	3,30	Sim
R. Virgílio Lisboa	1	268,76	265,53	3,23	151,00	0,0214	16	1,1948	0,188	0,534	0,267	2,34	Sim
	2	265,00	264,33	0,67	79,50	0,0084	15	0,3466	0,055	0,335	0,167	1,47	Sim
	3	264,33	263,44	0,89	75,40	0,0118	14	0,3407	0,054	0,396	0,198	1,74	Sim
	4	263,44	261,14	2,30	156,00	0,0147	18	3,3145	0,521	0,443	0,222	1,95	Não
	5	261,14	257,95	3,19	108,00	0,0295	12	0,5391	0,085	0,627	0,314	2,76	Sim
	6	257,95	253,77	4,18	148,00	0,0282	14	0,7968	0,125	0,613	0,307	2,69	Sim
R. Antônio Ivo	1	262,87	260,03	2,84	153,00	0,0186	17	2,5336	0,399	0,497	0,249	2,18	Não
	2	260,03	259,16	0,87	155,00	0,0056	25	0,6965	0,110	0,273	0,137	1,20	Sim
	3	259,16	257,53	1,63	111,00	0,0147	15	0,5528	0,087	0,442	0,221	1,94	Sim
	4	257,53	255,80	1,73	158,00	0,0109	20	0,8437	0,133	0,382	0,191	1,68	Sim
R. Henrique Dias	1	266,06	264,67	1,39	71,60	0,0194	11	0,4614	0,073	0,508	0,254	2,23	Sim
	2	264,67	261,91	2,76	81,60	0,0338	10	0,5111	0,080	0,671	0,336	2,95	Sim
	3	261,91	257,56	4,35	153,00	0,0245	15	0,7142	0,112	0,571	0,286	2,51	Sim
	4	257,56	256,78	0,78	71,30	0,0109	13	0,3154	0,050	0,382	0,191	1,68	Sim
	5	256,78	256,43	0,35	83,80	0,0042	20	0,3753	0,059	0,236	0,118	1,04	Sim
	6	256,43	254,99	1,44	85,30	0,0169	13	0,8540	0,134	0,474	0,237	2,08	Sim
	7	255,45	254,99	0,46	57,30	0,0080	13	0,4762	0,075	0,327	0,163	1,44	Sim
	8	256,16	255,45	0,71	63,70	0,0111	13	0,2737	0,043	0,385	0,193	1,69	Sim
	9	256,16	254,49	1,67	78,50	0,0213	11	0,2108	0,033	0,532	0,266	2,34	Sim
Tv. Henrique Dias	1	255,45	253,41	2,04	55,30	0,0369	8	0,2127	0,033	0,701	0,350	3,08	Sim
R. Coronel Ulisses Luna	1	265,45	261,38	4,07	154,00	0,0264	15	1,4359	0,226	0,593	0,297	2,61	Sim
	2	260,83	256,41	4,42	153,00	0,0289	14	2,9062	0,457	0,620	0,310	2,72	Não
	3	256,41	253,51	2,90	155,00	0,0187	17	1,9798	0,311	0,499	0,250	2,19	Não
	4	253,51	252,71	0,80	81,50	0,0098	15	0,9694	0,152	0,362	0,181	1,59	Sim
	5	253,42	252,71	0,71	63,80	0,0111	13	0,5835	0,092	0,385	0,192	1,69	Sim
	6	254,96	253,42	1,54	74,60	0,0206	11	0,0577	0,009	0,524	0,262	2,30	Sim
	7	254,96	254,14	0,82	76,70	0,0107	14	0,0421	0,007	0,377	0,189	1,66	Sim
R. Djanira Araújo	1	264,75	263,99	0,76	72,70	0,0105	14	0,3140	0,049	0,373	0,187	1,64	Sim
	2	263,99	261,50	2,49	79,30	0,0314	10	0,3442	0,054	0,647	0,323	2,84	Sim
	3	260,88	257,60	3,28	114,00	0,0288	12	0,5741	0,090	0,619	0,309	2,72	Sim
	4	257,60	256,20	1,40	37,90	0,0369	7	0,4427	0,070	0,701	0,351	3,08	Sim
	5	256,20	250,43	5,77	156,00	0,0370	13	0,7380	0,116	0,702	0,351	3,08	Sim
	6	250,43	250,26	0,17	82,30	0,0021	25	1,1117	0,175	0,166	0,083	0,73	Não
Tv. Djanira Araújo	1	257,60	257,19	0,41	71,20	0,0058	17	0,4195	0,066	0,277	0,138	1,22	Sim
R. Graciliano Ramos	1	263,00	262,94	0,06	71,70	0,0008	32	0,3133	0,049	0,106	0,053	0,46	Sim
	2	262,94	261,01	1,93	80,80	0,0239	11	0,3514	0,055	0,564	0,282	2,48	Sim
	3	260,47	257,23	3,24	114,00	0,0284	12	0,5232	0,082	0,615	0,308	2,70	Sim
	4	257,23	256,13	1,10	38,40	0,0286	7	1,0383	0,163	0,618	0,309	2,71	Sim
	5	256,13	250,45	5,68	157,00	0,0362	13	0,7418	0,117	0,694	0,347	3,05	Sim
	6	250,45	247,56	2,89	100,00	0,0289	12	0,4910	0,077	0,620	0,310	2,73	Sim

Continua

Via pública	Trecho	C_m (m)	C_j (m)	Δh (m)	L (m)	i (mm)	t_c (min)	A_c (ha)	Q_p (m ³ /s)	Q_0 (m ³ /s)	Q_{adm} (m ³ /s)	V (m/s)	$Q_p < Q_{adm}$
R. Elizeu Gomes	1	260,32	259,41	0,91	153,00	0,0059	24	1,5714	0,247	0,281	0,141	1,24	Não
	2	259,21	254,64	4,57	151,00	0,0303	14	0,7556	0,119	0,635	0,317	2,79	Sim
	3	254,64	251,10	3,54	116,00	0,0305	12	1,6863	0,265	0,637	0,319	2,80	Sim
	4	251,10	249,81	1,29	42,90	0,0301	7	1,5384	0,242	0,633	0,316	2,78	Sim
	5	249,81	244,84	4,97	148,00	0,0336	13	1,3016	0,205	0,669	0,334	2,94	Sim
R. Amon de Melo	1	257,52	257,22	0,30	35,10	0,0085	10	0,1792	0,028	0,337	0,169	1,48	Sim
	2	257,52	256,28	1,24	118,00	0,0105	18	0,7750	0,122	0,374	0,187	1,64	Sim
	3	256,28	254,08	2,20	75,90	0,0290	10	0,3261	0,051	0,621	0,311	2,73	Sim
	4	254,08	252,57	1,51	77,30	0,0195	12	0,3594	0,057	0,510	0,255	2,24	Sim
	5	252,57	250,00	2,57	109,00	0,0236	13	2,4402	0,384	0,560	0,280	2,46	Não
	6	250,00	248,66	1,34	46,70	0,0287	8	1,5947	0,251	0,618	0,309	2,72	Sim
T.v. Amon de Melo	1	251,10	249,44	1,66	73,00	0,0227	11	1,5122	0,238	0,550	0,275	2,42	Sim
R. Teotônio Vilela	1	254,38	252,35	2,03	152,00	0,0134	18	0,4296	0,068	0,422	0,211	1,85	Sim
	2	252,35	251,91	0,44	75,30	0,0058	17	0,1600	0,025	0,279	0,139	1,23	Sim
	3	251,91	250,50	1,41	77,70	0,0181	12	0,1858	0,029	0,492	0,246	2,16	Sim
Av. Antônio José da Costa (2)	1	283,42	282,74	0,68	73,40	0,0093	14	0,0876	0,014	0,351	0,176	1,54	Sim
	2	282,74	281,41	1,33	72,00	0,0185	11	0,0833	0,013	0,496	0,248	2,18	Sim
	3	281,41	280,12	1,29	69,90	0,0185	11	0,0863	0,014	0,496	0,248	2,18	Sim
	4	280,12	278,43	1,69	72,30	0,0234	11	0,0898	0,014	0,558	0,279	2,45	Sim
	5	278,43	276,33	2,10	72,00	0,0292	10	0,0901	0,014	0,623	0,312	2,74	Sim
	6	276,33	272,74	3,59	70,40	0,0510	8	0,5370	0,084	0,824	0,412	3,62	Sim
	7	272,74	268,69	4,05	74,40	0,0544	8	0,9643	0,152	0,851	0,426	3,74	Sim
	8	268,69	264,96	3,73	73,80	0,0505	8	1,4035	0,221	0,820	0,410	3,60	Sim
	9	264,96	262,87	2,09	74,90	0,0279	10	1,8330	0,288	0,610	0,305	2,68	Sim
	10	262,87	262,01	0,86	36,80	0,0234	8	0,0410	0,006	0,558	0,279	2,45	Sim
	11	262,01	261,34	0,67	36,20	0,0185	8	0,0411	0,006	0,496	0,248	2,18	Sim
	12	261,34	260,82	0,52	71,90	0,0072	16	0,0858	0,013	0,310	0,155	1,36	Sim
	13	260,91	260,82	0,09	72,40	0,0012	28	0,0943	0,015	0,129	0,064	0,57	Sim
	14	261,06	260,91	0,15	39,20	0,0038	14	0,0523	0,008	0,226	0,113	0,99	Sim
	15	261,06	260,72	0,34	34,10	0,0100	10	0,0458	0,007	0,364	0,182	1,60	Sim
	16	260,72	259,53	1,19	73,30	0,0162	12	0,0893	0,014	0,465	0,232	2,04	Sim
	17	259,53	256,19	3,34	72,10	0,0463	8	0,0892	0,014	0,785	0,393	3,45	Sim
	18	256,19	252,18	4,01	73,00	0,0549	8	0,5023	0,079	0,855	0,428	3,76	Sim
Av. José de Oliveira Rocha	1	277,04	276,90	0,14	37,10	0,0038	14	0,0892	0,014	0,224	0,112	0,98	Sim
	2	276,90	276,87	0,03	35,80	0,0008	22	0,0827	0,013	0,106	0,053	0,46	Sim
	3	276,87	276,39	0,48	34,90	0,0138	9	0,0887	0,014	0,428	0,214	1,88	Sim
	4	276,39	275,85	0,54	37,70	0,0143	9	0,0932	0,015	0,437	0,218	1,92	Sim
	5	275,92	275,85	0,07	34,60	0,0020	16	0,0916	0,014	0,164	0,082	0,72	Sim
	6	276,07	275,92	0,15	37,40	0,0040	14	0,0924	0,015	0,231	0,116	1,02	Sim
	7	276,07	275,79	0,28	37,20	0,0075	11	0,0871	0,014	0,317	0,158	1,39	Sim
	8	275,79	275,12	0,67	35,90	0,0187	8	0,0865	0,014	0,498	0,249	2,19	Sim
	9	275,12	273,08	2,04	72,90	0,0280	10	0,9779	0,154	0,610	0,305	2,68	Sim
	10	273,08	270,87	2,21	71,20	0,0310	10	1,4172	0,223	0,643	0,321	2,82	Sim
	11	270,87	267,77	3,10	73,10	0,0424	9	1,8311	0,288	0,751	0,376	3,30	Sim
	12	267,77	263,08	4,69	75,20	0,0624	8	2,6723	0,420	0,911	0,456	4,00	Sim
	13	263,08	259,64	3,44	74,20	0,0464	9	3,1077	0,489	0,786	0,393	3,45	Não
	14	259,64	257,20	2,44	71,40	0,0342	9	0,1715	0,027	0,675	0,337	2,96	Sim
	15	257,20	256,03	1,17	72,20	0,0162	12	1,3743	0,216	0,464	0,232	2,04	Sim
	16	256,03	255,86	0,17	73,60	0,0023	23	0,5969	0,094	0,175	0,088	0,77	Não
	17	255,89	255,86	0,03	36,60	0,0008	23	0,0680	0,011	0,104	0,052	0,46	Sim
	18	255,89	255,74	0,15	35,90	0,0042	13	0,0633	0,010	0,236	0,118	1,04	Sim
	19	255,74	254,31	1,43	71,70	0,0199	11	1,2355	0,194	0,515	0,258	2,26	Sim
	20	254,31	251,82	2,49	72,80	0,0342	9	2,0751	0,326	0,675	0,337	2,96	Sim
	21	251,82	249,80	2,02	73,40	0,0275	10	2,5211	0,397	0,605	0,303	2,66	Não

Continua

Via pública	Trecho	C_m (m)	C_j (m)	Δh (m)	L (m)	i (mm)	t_c (min)	Ac (ha)	Q_P (m ³ /s)	Q_0 (m ³ /s)	Q_{adm} (m ³ /s)	V (m/s)	$Q_P < Q_{adm}$
Av. Mestre Henrique	1	271,61	270,91	0,70	33,30	0,0210	7	0,7674	0,121	0,529	0,265	2,32	Sim
	2	270,91	270,12	0,79	38,20	0,0207	8	0,8370	0,132	0,525	0,262	2,31	Sim
	3	270,12	268,20	1,92	72,80	0,0264	10	2,5692	0,404	0,593	0,296	2,60	Não
	4	268,86	268,20	0,66	74,30	0,0089	15	2,3135	0,364	0,344	0,172	1,51	Não
	5	269,18	268,86	0,32	70,60	0,0045	18	0,5890	0,093	0,246	0,123	1,08	Sim
	6	269,18	267,55	1,63	73,50	0,0222	11	0,9424	0,148	0,543	0,272	2,39	Sim
	7	267,55	264,85	2,70	72,80	0,0371	9	2,6083	0,410	0,703	0,351	3,09	Não
	8	264,85	262,80	2,05	73,70	0,0278	10	2,7269	0,429	0,609	0,304	2,67	Não
	9	262,80	261,13	1,67	72,90	0,0229	11	1,0625	0,167	0,552	0,276	2,43	Sim
	10	261,13	259,08	2,05	74,00	0,0277	10	1,7920	0,282	0,607	0,304	2,67	Sim
	11	259,08	256,41	2,67	71,50	0,0373	9	3,2248	0,507	0,705	0,353	3,10	Não
	12	256,41	253,45	2,96	73,20	0,0404	9	1,4101	0,222	0,734	0,367	3,22	Sim
	13	253,45	250,38	3,07	71,60	0,0429	9	2,5494	0,401	0,756	0,378	3,32	Não
	14	250,47	250,38	0,09	73,00	0,0012	28	0,5751	0,090	0,128	0,064	0,56	Não
	15	250,47	249,94	0,53	72,90	0,0073	16	0,5758	0,091	0,311	0,156	1,37	Sim
	16	249,94	248,24	1,70	72,80	0,0234	11	2,1830	0,343	0,558	0,279	2,45	Não
	17	248,24	247,49	0,75	32,90	0,0228	7	1,6704	0,263	0,551	0,275	2,42	Sim
R. Adolfo Norberto Lima	1	270,91	267,60	3,31	153,00	0,0216	16	0,5413	0,085	0,537	0,268	2,36	Sim
	2	267,60	263,25	4,35	127,00	0,0343	12	0,7341	0,115	0,675	0,338	2,97	Sim
	3	263,25	261,26	1,99	79,90	0,0249	11	0,8617	0,136	0,576	0,288	2,53	Sim
	4	261,26	259,59	1,67	71,50	0,0234	10	2,2707	0,357	0,558	0,279	2,45	Não
	5	259,59	257,21	2,38	75,90	0,0314	10	1,0270	0,162	0,646	0,323	2,84	Sim
	6	257,21	254,41	2,80	75,20	0,0372	9	2,9789	0,469	0,704	0,352	3,09	Não
	7	254,41	252,89	1,52	75,20	0,0202	11	0,7277	0,114	0,519	0,259	2,28	Sim
	8	253,97	252,89	1,08	74,30	0,0145	13	1,8757	0,295	0,440	0,220	1,93	Não
	9	255,97	253,97	2,00	74,00	0,0270	10	0,9757	0,153	0,600	0,300	2,64	Sim
	10	256,36	255,97	0,39	19,80	0,0197	6	0,0267	0,004	0,512	0,256	2,25	Sim
	11	256,36	254,68	1,68	52,90	0,0318	8	0,0811	0,013	0,650	0,325	2,86	Sim