

OTIMIZAÇÃO NA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA DA REGIÃO CENTRAL DE MOGI GUAÇU

COSTA JÚNIOR, Antônio Carlos Bernardes da¹

Faculdades Integradas Maria Imaculada
antoniocarlos_xp@hotmail.com

ARAÚJO, Daniel Contessoto²

Faculdades Integradas Maria Imaculada
daniel.contessoto.95@gmail.com

LEME, Mariane Alves de Godoy³

Faculdades Integradas Maria Imaculada
professora.mariane@hotmail.com.br

RESUMO

Para se combater às inundações nos locais de concentração populacional, faz-se uso de cálculos e dimensionamentos para otimizações do sistema de drenagem, reavaliando a vazão conforme os pontos de captação, além de reforçar a conscientização da população em razão de não obstruírem os pontos de drenagem. O sistema de drenagem convencional é dividido em dois subgrupos, macrodrenagem e microdrenagem, sendo a microdrenagem determinada pelo sistema de condutores pluviais, associados ao sistema viário urbano. Este trabalho fundamentou-se em cálculos, leituras de plantas planialtimétricas e conteúdo do Plano Diretor de Drenagem a fim de dimensionar um projeto de sistema de microdrenagem para a região central do Município de Mogi Guaçu, visto ser uma região que sofre com alagamentos. Seguindo procedimentos técnicos e de engenharia para projetos de microdrenagem, foi possível analisar e propor soluções de otimização para a infraestrutura do sistema de drenagem urbana da área estudada, oferecendo aos usuários condições seguras em relação à drenagem, evitando a ocorrência de inundações. Para isso, foram realizados cálculos de vazões e comparações de valores com dados obtidos em campo, os quais apresentaram-se inviáveis ao que seria necessário para suportar as águas pluviais do local, sendo que foram identificadas duas áreas de contribuição e nenhuma atendeu às condições necessárias, tanto em quantidade, quanto em qualidade. Concluiu-se que, para

¹ Engenheiro Civil

² Engenheiro Civil

³ Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental, pela Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, FT/UNICAMP, estabelecida no Campus I, em Limeira. E possui Mestrado em Engenharia Civil, na Área de Concentração: Saneamento e Ambiente, pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, FEC/UNICAMP, estabelecida no Campus de Campinas. Possui publicações científicas nacionais e internacionais, Participação em Congressos e Seminários.

o local estudado apresentar satisfatória qualidade em microdrenagem, faz-se necessário a desobstrução de bocas de lobo existentes e aplicação de outras adicionais para suprir as vazões atuais.

Palavras-chave: Microdrenagem. Dimensionamento. Infraestrutura. Otimização.

1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são definidas por uma área de drenagem, em que uma série de fluxos naturais de águas são modificados conforme as precipitações em relação às características do terreno, tais como a declividade e permeabilidade dos solos. Essas modificações compreendem suas ramificações de cursos d'água superficiais, como rios, riachos, lagos e córregos, também definidas por macrodrenagem. Já a microdrenagem de uma bacia hidrográfica abrange a infraestrutura necessária de escoamento de águas pluviais, transportando as águas pluviais concentradas de um determinado local até as macrodrenagens. A microdrenagem é constituída por ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo, valas e quaisquer outras formas de captação de água pluvial (MARTINS, 2012).

O crescimento populacional tem afetado diretamente a infraestrutura dos municípios brasileiros, gerando problemas que envolvem a falta de planejamento e o crescimento desenfreado sem a conscientização sobre as consequências que as novas áreas construídas podem trazer caso não seja observado os riscos ao meio ambiente, como, por exemplo, a destinação das águas pluviais que deságuam no local habitado (TUCCI, 2001).

Com a grande saturação populacional das grandes cidades, a sociedade busca expandir-se perifericamente ao entorno das grandes cidades, ou até, se realocando para cidades menores. Segundo Tucci (2002), as cidades acima de 1 milhão de habitantes crescem a uma taxa média de 0,9% anual, enquanto os núcleos regionais como cidades entre 100 e 500 mil habitantes, crescem à taxa de 4,8%. Logo, esse crescimento desenfreado acaba refletindo em consequências, como as enchentes, resultando em grandes danos causados por chuvas intensas e incontroláveis. Essas enchentes, na maioria dos casos, são resultantes de um mau planejamento de drenagem para o local de desaguamento (MARTINS, 2012).

As enchentes, nome popular às inundações, são os desastres naturais que, historicamente, mais causaram perdas humanas no Brasil. As enchentes relacionam ao aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas

águas sobre as áreas próximas a ele, que são vistas como áreas de risco (KOBİYAMA *et al.*, 2006; GOMES; CAVALCANTE, 2012). De acordo com Genovez (1991), Castro *et al.* (2003) e Gomes e Cavalcante (2012), as enchentes trazem impactos negativos para a sociedade, causando perdas econômicas, danos ao desenvolvimento e até perdas de vidas humanas. E acrescentam que, normalmente, as inundações geram muitos danos materiais e danos humanos, principalmente às populações mais vulneráveis.

Uma das configurações para se combater as falhas relacionadas às inundações são as otimizações do sistema de drenagem locais dos municípios e regiões, reavaliando a vazão conforme os pontos de captação em relação a sua topografia, além da conscientização da população a não obstruir os pontos de drenagem com resíduos sólidos que, geralmente são descartados de forma imprudente ao meio ambiente. Também deve ser avaliada a questão da taxa de permeabilidade que a região contém, incentivando a criação de mais áreas verdes e a utilização de pisos drenante (MARTINS, 2012).

Do volume total de água precipitado sobre o solo, apenas uma parte escoar sobre a superfície e sucessivamente constitui as enxurradas e cursos d'água superficiais, sendo restante interceptado pela cobertura vegetal, depressões do terreno, infiltração e evaporação. A proporção entre essas parcelas, a que escoar e a que fica retida ou volta à atmosfera, depende das condições físicas do solo (NETTO *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 2019).

Segundo Tucci (1997; 2002), Pedro e Nunes (2012) e Pereira (2019), o escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- Enchentes devido à urbanização, as quais originam devido à ocupação do solo, deixando as áreas impermeáveis, não tendo um controle de condutores responsáveis pelo escoamento da água ou até mesmo tendo um condutor só que mal dimensionado e entupido, o qual obstrui a passagem dela, isto é, uma drenagem inadequada (TUCCI, 1997; PEDRO; NUNES, 2012).
- Enchentes em áreas ribeirinhas, as quais são ocasionadas por ações naturais em que o rio ocupa seu leito maior, atingindo a população que ocupa irregularmente áreas de planície de inundação (TUCCI, 1997; PEDRO; NUNES, 2012).

Devido a estes problemas, faz-se necessárias medidas para contenção das águas pluviais de escoamento superficial, sendo que a medida mais utilizada é a implantação de um sistema de drenagem, no qual todo escoamento superficial é encaminhado pelos elementos que o compõem até uma destinação final correta (PEREIRA *et al.*, 2019).

O sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em um município ou região para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. Logo, são sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais aos cursos d'água (PEREIRA et al., 2019).

Segundo Pereira *et al.* (2019), o sistema de drenagem convencional é dividido em dois subgrupos: macrodrenagem e microdrenagem.

- **Macrodrenagem:** São dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana, sendo constituídos pelos principais talwegues, fundos de vales, cursos d'água, independente da execução de obras específicas e da localização de extensas áreas urbanizadas, visto que compreendem o escoadouro natural das águas pluviais (PEREIRA *et al.*, 2019).

- **Microdrenagem:** São estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou canais urbanos, constituídos pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo, bocas-de-leão e meio fio (PEREIRA *et al.*, 2019).

Segundo Tucci (2001), a aplicação de uma boa infraestrutura de saneamento reduz 55% da mortalidade infantil de um país, sendo que um tratamento adequado e uma operação sanitária são essenciais para o desenvolvimento urbano. Das vertentes do saneamento mundial, tem-se: tratamento e abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos, coleta e destinação de resíduos, e drenagem urbana.

O tratamento e abastecimento de água potável nos municípios brasileiros têm se desenvolvido cada vez mais no decorrer dos anos, porém os problemas maiores ainda residem na falta de coleta e tratamento dos esgotos. Ao decorrer dos anos, à medida que as cidades vão crescendo, e o poder público não investe em uma infraestrutura adequada, a saída de esgoto de muitas propriedades ainda é ligada diretamente à rede de coleta pluvial, sem nenhum tratamento, fazendo com que este efluente seja encaminhado direto para os rios e cursos d'água, prejudicando a qualidade das águas naturais. Relacionada com essa situação, a má infraestrutura na drenagem urbana gera também várias consequências negativas à população local, pois no caso de ocorrer uma enchente, a má qualidade da água extravasada traz várias doenças, podendo ser transmitidas a população, tais como: diarreia, malária, dengue, esquistossomose, leptospirose, entre outras (TUCCI, 2002; NASCIMENTO; HELLER, 2004).

Além dos impactos gerados pelas enchentes naturais e seu extravasamento para o leito maior, o sistema de drenagem urbana também é afetado pelos impactos gerados pelo mau planejamento dos resíduos sólidos. O despejo de resíduos em locais inadequados, como por exemplo descartes em ruas, praças, terrenos vazios, praias ou até mesmo no chão de um terminal rodoviário, podem chegar em rios e mares com a ação de ventos e chuvas. A presença de resíduos, além de poluir as águas superficiais, pode poluir águas subterrâneas, podendo também entupir as tubulações que conduzem as águas pluviais, fazendo com que transborde os pontos de captação e sendo assim impedindo a drenagem da água (NEVES; TUCCI *et al.*, 2019).

Segundo Neves (2019) e Tucci *et al.* (2019), os problemas de entupimento das redes de drenagem urbana em razão de resíduos sólidos descartados indevidamente são atualmente muito observados nas maiores cidades brasileiras. E os principais resíduos sólidos descartados ao meio externo são: garrafas, latas, papel, sacolas, embalagens de cigarros, mas também partes de carros, sofás, colchões e restos de construção, entre outros.

A microdrenagem urbana é determinada pelo sistema de condutores pluviais, associados ao sistema viário urbano. Para se ter um bom funcionamento do sistema de microdrenagem, necessita-se ter uma cuidadosa execução das obras, tais como ruas, guias, sarjetas e galerias de águas pluviais (GAP), além de ter uma manutenção constante com limpeza e desobstrução dos pontos de captação da água, antes de épocas chuvosas (USP, 2015). Segundo Botelho (1998) e Pereira (2019), devido ao sistema de microdrenagem não ser um sistema natural de escoamento e infiltração de águas pluviais, é necessário que seja muito bem executado para que não ocorram problemas pós implementação, pois as obras de captação de águas pluviais e as obras enterradas são construções artificiais (BOTELHO, 1998).

Os principais elementos do sistema pluvial são: calhas viárias das ruas, leito viário, guias e sarjetas. A rede é constituída por galerias de águas pluviais, caixas de captação, bocas de lobo (abertura na guia), bocas de leão (grelhas), bocas contínuas de captação, poço de visita, elementos de dissipação de energias, rampas hidráulicas, escadas hidráulicas e enrocamentos (USP, 2015).

As etapas para o desenvolvimento de um projeto eficiente de microdrenagem urbana em um município compreendem:

- I) Cálculo da vazão do escoamento superficial;
- II) Cálculo da área de contribuição ou da bacia de contribuição;

- III) Cálculo da vazão da área de contribuição;
- IV) Comparação entre as vazões do escoamento superficial e da área de contribuição;
- V) Nivelamento da rede projetada;
- VI) Critérios de dimensionamento da galeria de águas pluviais (GAP);
- VII) Determinação da quantidade de dispositivos;
- VIII) Elaboração do projeto gráfico, incluindo os elementos da GAP: dispositivos de captação, ramais, caixas de drenagem, redes e válvulas;
- IX) Execução do orçamento e do parecer técnico.

Para o eficiente dimensionamento da microdrenagem urbana ou sua otimização, faz-se necessários alguns equacionamentos primordiais para a realização do estudo e obtenção dos resultados (MORAES, 2015).

A vazão de escoamento superficial é utilizada para dimensionar o valor da vazão de escoamento de água pluvial sobre as vias e sarjetas, empregando o Método de Izzard (Equação 1), levando em consideração o coeficiente de simplificação K em relação à largura da via (MORAES, 2015).

$$Q_{esc. sup.} = K \cdot \sqrt{i} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$Q_{esc. sup.}$ = Vazão de Escoamento Superficial (m^3/s);

K = Coeficiente de simplificação (m^3/s), expresso em função da largura da via;

i = Declividade da via (m/m).

A área de contribuição é determinada levando em consideração os critérios de ponto de interesse (local do estudo); localização dos pontos de drenagem (sarjetas e redes) na área; e compreensão da origem e destino das águas pluviais na área (entendimento da trajetória de deslocamento e da direção do fluxo das águas pluviais). Logo, é calculada e desenhada a área de contribuição auxílio de softwares tipo AutoCAD® (MORAES, 2015).

A vazão da área de contribuição compreende a vazão de toda água pluvial interceptada na área determinada anteriormente. Para seu dimensionamento, utiliza-se o Método Racional (bacias até $2km^2$), segundo Equação 2 (MORAES, 2015):

$$Q_{contr.} = C \cdot I \cdot A \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

$Q_{contr.}$ = Vazão da área de contribuição (m^3/s);

C = Coeficiente de escoamento, em função da ocupação do solo na bacia de contribuição (adimensional);

I = Intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (mm/s);

A = Área de contribuição (m²).

Os valores do coeficiente de escoamento superficial (C) variam em função da ocupação do solo na bacia de contribuição e a intensidade de chuva é obtida através de dados fornecidos por instituições de pesquisas ou órgãos públicos, que fazem as medições pluviométricas para terem controle de enchentes e informações sobre o índice pluviométrico do município em questão.

A determinação do índice de intensidade pluviométrica para o município de Mogi Guaçu é fornecida pelo Posto Pluviométrico com características segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2018), sendo:

- **Nome da estação/ Entidade:** Campininha – D4-100R/ DAEE
- **Autor:** Martinez e Piteri (2016)
- **Coordenadas geográficas:** Lat. 22°17'S; Long. 47°09'W
- **Altitude:** 580 m
- **Duração da estação:** 1970-1994
- **Período de dados:** 1971-1972; 1974-1989; 1991; 1993-1994 (21 anos)

Sendo a equação IDF (Intensidade, Duração e Frequência) de Mogi Guaçu, oriunda da Estação Campininha – D4-100R/ DAEE, como (Equação 3):

$$I_{t,T} = 49,74(t + 30)^{-0,9458} + 27,56(t + 35)^{-1,023} \cdot [-0,4923 - 0,9357 \ln \ln(T/T - 1)]$$

para $10 \leq t \leq 1440$ (Equação 3)

Onde:

I = intensidade da chuva, para a duração t e período de retorno T (mm/min);

t = duração da chuva (minutos);

T = período de retorno (anos), previsão máximas de intensidades de chuva.

O Período de Retorno T é o número médio de anos que um dado evento (intensidade máxima anual) é igualado. Em projetos de microdrenagem, que corresponde ao escoamento superficial nas ruas, bocas de lobo e as galerias de águas pluviais, é comum adotar valores entre 2 e 25 anos, sendo comum pelas prefeituras adotar o valor de 10 anos (TOMAZ, 2013).

Ressalta-se que a duração da chuva (t) equivale ao tempo de concentração (tc) da bacia de contribuição e para avaliar microdrenagem, utiliza-se a equação de Kirpich para bacias menores que 0,5 km² (Equação 4) (YOSHIZANE, 2003).

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (minutos);

L = Comprimento do talvegue (comprimento axial da bacia) (km);

I_{eq} = Declividade equivalente (m/km).

Faz-se necessário comparar os valores de vazão do escoamento superficial e vazão da área de contribuição. Caso a vazão do escoamento superficial seja maior que a área de contribuição, não será necessário equipamento enterrado para o sistema de drenagem, caso contrário, será necessário um projeto de GAP (Galeria de Águas Pluviais) (MORAES, 2015).

A Equação 5 fornece a quantidade e a locação das caixas de drenagem, sendo expressa por (MORAES, 2015):

$$ndispos. = \frac{Q_{contrib.}}{Q_{dispos.}} \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde:

ndispos. = n° de dispositivos (adimensional);

Q contrib. = Vazão da área de contribuição (m³/s);

Q dispos. = Vazão de capacidade do dispositivo (m³/s).

Segundo Moraes (2015), o valor médio da capacidade de absorção de uma boca de lobo de acordo com estudos hidráulicos é de 60 l/s (0,06 m³/s). Para a boca de leão a capacidade é de 70 l/s. Para a combinação de boca de lobo e boca de leão a capacidade é de 120 l/s. Recomenda-se ainda projetar as redes no eixo das vias, porém no caso de avenidas, as redes deverão preferencialmente ser projetadas sob o canteiro central e as conexões dos ramais poderão ser feitas em caixas de drenagem em número máximo de 04 (quatro). Além de ser previsto a locação de dispositivos de captação nos pontos baixos das vias, procurando local o dispositivo num local anterior ao da faixa de passagem dos pedestres (MORAES, 2015).

Respeitando os critérios já mencionados anteriormente, inicia-se o dimensionamento da GAP com o cálculo da capacidade de rede, adotando um diâmetro mínimo e a declividade do local em virtude da economia gerada. Sendo assim, realiza-se o cálculo pela equação 6 (MORAES, 2015):

$$Q = V \cdot Am \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

Q = Vazão da rede (m³/s);

V = Velocidade média (m/s);

Am = Área molhada (m²).

Para o cálculo da velocidade da equação anterior, é utilizada a equação de Manning, que é representada pela equação 7 (MORAES, 2015):

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde:

V = Velocidade média (m/s);

n = Coeficiente de rugosidade = 0,015 (concreto);

Rh = Raio Hidráulico (m);

i = Declividade média (m/m).

Para determinar o Raio Hidráulico (Rh), utiliza-se a equação 8 (MORAES, 2015):

$$Rh = \frac{Am}{Pm} \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:

Rh = Raio Hidráulico (m);

Am = Área molhada (m²);

Pm = Perímetro molhado (m).

O plano diretor de drenagem urbana existe com o intuito de organizar e determinar medidas para uma gestão e controle da drenagem das águas pluviais de um município, minimizando todo o impacto ambiental, social e econômico resultante de um possível mau dimensionamento (PREFEITURA DE MOGI GUAÇU, 2011). O Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Mogi Guaçu, elaborado em 2011, primeiramente realizou um levantamento da situação atual da cidade, em relação à drenagem urbana, para que em seguida fosse feito um diagnóstico e um prognóstico da situação municipal, planejando-a para

eventuais ocasiões em que o sistema de drenagem fosse necessário e exigido de forma eficiente.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Mogi Guaçu foi elaborado com o intuito de ser aplicado por 20 anos, passando por uma revisão a cada 4 anos fazendo quaisquer ajustes necessários conforme a economia e a sustentabilidade do município, desde que esteja de acordo com os limites institucionais que foram estabelecidos pela legislação federal (PREFEITURA DE MOGI GUAÇU, 2011).

Em plano diretor de drenagem urbana do município de Mogi Guaçu, tem-se que o solo de Mogi Guaçu, em sua área urbanizada, é formado por rochas sedimentares horizontalizadas, com um relevo que vai de ondulado a suave ondulado, tendo declividades médias de 5% a 10%. Já as precipitações em Mogi Guaçu são de maior volume entre o fim de dezembro e início de janeiro, chegando a precipitar 229 milímetros em média, com uma probabilidade de 70% de chuva em média nesses dias decorrentes (WEATHER SPARK, 2019).

Logo, o objetivo deste trabalho foi analisar e propor soluções de otimização para a infraestrutura do sistema de drenagem urbana da região central de Mogi Guaçu, por meio do estudo do plano diretor de drenagem, análise do mapa topográfico (declividade), relação à drenagem urbana, cálculo da vazão de escoamento superficial, determinação da área de contribuição, coleta de dados do índice pluviométrico, cálculo da vazão da área de contribuição, comparação das vazões do escoamento superficial com a área de contribuição, determinação do número de dispositivos necessários e, por fim, apresentação de melhorias para a região estudada, tais como: implantação de novas boca de lobo, colocação de pisos drenante na substituição do concreto, entre outros.

2 MATERIAL E MÉTODO

O trabalho fundamentou-se em procedimentos de cálculos de dimensionamento de microdrenagem propostos em Moraes (2015), leituras de plantas planialtimétricas e conteúdo do Plano Diretor de Drenagem do Município de Mogi Guaçu (PREFEITURA DE MOGI GUAÇU, 2011) a fim de avaliar e redimensionar um projeto de sistema de microdrenagem da região central do Município de Mogi Guaçu.

Os dados coletados para o dimensionamento são referentes à Rua Apolinário, na região central de Mogi Guaçu/SP, sendo ela separada em duas áreas (área 1 e área 2) em função da direção de seu escoamento superficial e declividade da via.

2.1 Cálculo da vazão de escoamento superficial

Para o cálculo da vazão de escoamento superficial, foi utilizado o método de Izzard, conforme Equação 1, dimensionando então as vias e sarjetas de acordo com a vazão. Para obter os dados em relação a equação, utilizou-se dados coletados sobre a declividade da Rua Apolinário e para o coeficiente K foi adotado o valor conforme a largura da mesma via.

2.2 Cálculo da área de contribuição

Neste processo pretendeu-se encontrar a vazão para a área de contribuição, utilizando a Equação 2. Identificou-se a metragem quadrada da área estudada através de software, utilizando-se o levantamento topográfico do local conforme dados de geoprocessamento. Para a determinação do índice de intensidade pluviométrica para Mogi Guaçu, foram utilizados os dados do plano diretor da cidade e a equação IDF (Intensidade, Duração e Frequência) de Mogi Guaçu, oriunda da Estação Campininha – D4-100R/ DAEE (Equação 3), levando em consideração a intensidade máxima em um tempo de retorno de 10 anos e determinando o coeficiente de escoamento de acordo com a densidade das construções no local de estudo.

2.3 Comparação das vazões

Após os cálculos das vazões de escoamento superficial e da área de contribuição, comparou-se os valores. Caso a vazão da área de escoamento superficial fosse menor que a vazão de contribuição, era necessário um novo projeto de GAP (Galeria de Águas Pluviais).

2.4 Determinação do número de dispositivos

Para a confirmação de que os dispositivos na área de estudo são suficientes para a vazão de contribuição necessária, foi utilizada a equação do número de dispositivos para encontrar a quantidade das caixas de drenagem (Equação 5). A vazão de contribuição foi encontrada no cálculo anterior, já na vazão do dispositivo foi utilizado o valor médio (0,06 m³/s) para bocas de lobo. Encontrada a quantidade necessária de bocas de lobo, comparou-se com a quantidade existente na via estudada. Se a quantidade no local fosse inferior a quantidade necessária, deveriam ser implantadas novas bocas de lobo.

2.5 Cálculo de galeria de águas pluviais (GAP)

Após a comparação das vazões de escoamento superficial e da área de contribuição e devido à não conformidade, iniciou-se um novo projeto de GAP. Respeitando os critérios de dimensionamento, iniciou-se com o cálculo do raio hidráulico (Equação 8), em sequência para obter a velocidade média utilizou-se a Equação de Manning (Equação 7), complementando-a com o dado do raio hidráulico, a rugosidade da tubulação e a declividade da via. Assim com os dados coletados calculou-se uma nova vazão seguindo a equação da vazão da rede (Equação 6).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após estudos em campo, no mês de agosto de 2019 e auxílio de software para coleta de dados, foram obtidas as seguintes informações:

3.1 Vazão de escoamento superficial

Levando em consideração a declividade da via, com o coeficiente k em função da largura da via, chegou-se a uma vazão de $0,0939 \text{ m}^3/\text{s}$ na área 1 e $0,0996 \text{ m}^3/\text{s}$ na área 2.

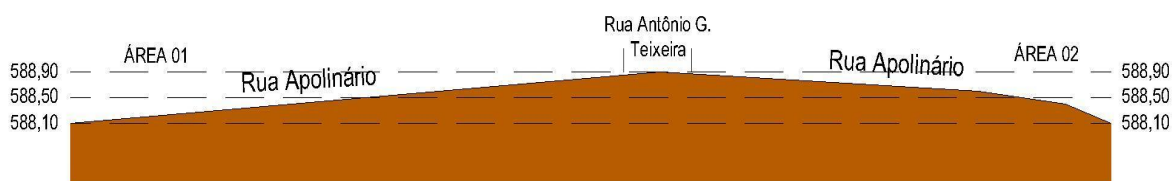
Na Figura 1, os pontos em vermelho se referem aos pontos de drenagem (bocas de lobo) existentes atualmente na via e as setas indicam o caminho preferencial da água pluvial, segundo a declividade da rua. E na Figura 2, há o corte longitudinal esquemático da Rua Apolinário.

Figura 1- Levantamento dos pontos de drenagem (bocas de lobo) existentes na Rua Apolinário, em Mogi Guaçu/SP.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

Figura 2- Corte longitudinal da via de acordo com projeto topográfico.

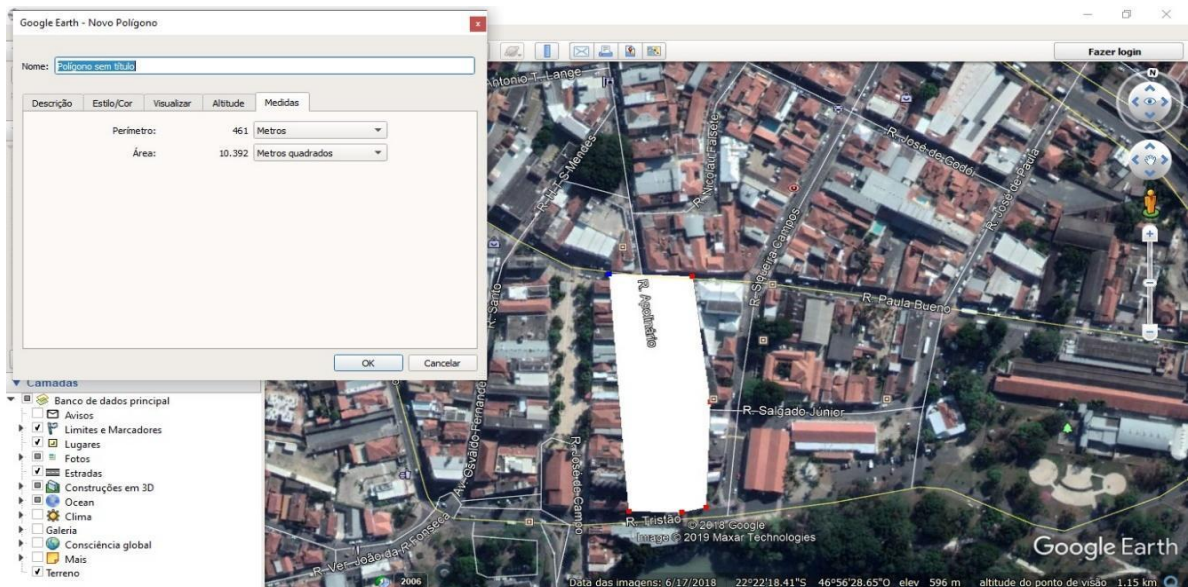


Fonte: Autores, 2019.

3.2 Cálculo da vazão de contribuição

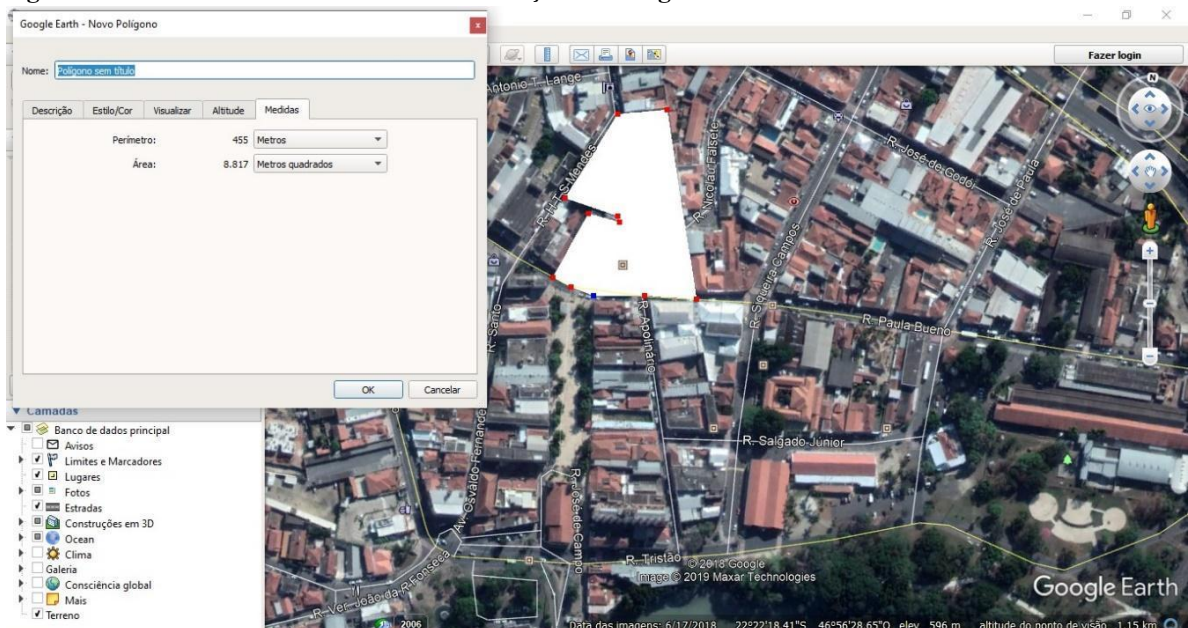
Utilizando os valores do coeficiente de escoamento superficial (C) referente à ocupação do solo da área de estudo e entorno, as áreas de contribuição limitadas e obtidos valores em software Google Earth (Figuras 3 e 4) e a intensidade da chuva obtida do plano diretor da cidade e da equação IDF (Intensidade, Duração e Frequência) de Mogi Guaçu, calculou-se uma vazão de 0,412 m³/s na área 1 e 0,349 m³/s na área 2.

Figura 3- Coleta da área 1 em m² com a utilização do Google Earth.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

Figura 4- Coleta da área 2 em m² com a utilização do Google Earth.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

3.3 Comparação entre vazões

Foram comparadas as vazões de escoamento superficial e das áreas de contribuição, chegando-se à conclusão que a via necessita de mais GAP, aumentando a quantidade de bocas de lobo nas duas áreas estudadas. Esse resultado já era esperado pelo fato de já ter ocorrido enchentes e pontos de alagamentos nesta via, nos casos de chuvas intensas. Como a intensidade de chuva usada nos cálculos e dimensionamentos foi a intensidade máxima já

ocorrido na região de Mogi Guaçu a em um tempo de retorno de 10 anos, necessitou-se então recalcular a GAP.

3.4 Cálculo dos números de dispositivos

Para a confirmação se é necessário mais GAP, foram calculados os números de dispositivos necessários para suportar a vazão calculada no trabalho e comparados com a quantidade existentes atualmente na Rua Apolinário, chegando a um resultado de necessidade de 7 bocas de lobo com uma vazão de 60 l/s para a área 1 e 6 bocas de lobo com vazão de 60 l/s para a área 2.

Logo, para a área 1 será necessário o cálculo de uma nova GAP, aumentar a quantidade de bocas de lobo existente pois, o número de dispositivos existentes atualmente é inferior ao necessário no dimensionamento. Já para a área 2, não será necessário mais GAP, visto que as quantidades de bocas de lobo existentes atualmente atendem à necessidade de cálculo para essa área. Porém, após realização de visita ao local estudado, pode-se perceber que na área 2 existem 2 bocas de lobo obstruídas (Figura 5) com uma tampa para conter o odor gerado próximos às lojas comerciais da região central de Mogi Guaçu, fazendo necessário então apenas uma manutenção nas bocas de lobo obstruídas.

Figura 5 – Bocas de lobo obstruídas na Rua Apolinário, Mogi Guaçu/SP.



Fonte: Autores, 2019.

3.5 Cálculo de uma nova GAP para a área 1

Para calcular uma nova GAP para área 1, foram necessários calcular o raio hidráulico da tubulação, considerando uma tubulação mínima de diâmetro 400mm, levando em consideração a área molhada, ou seja, metade da tubulação, chegando a um raio hidráulico de 0,10m. Com esse resultado calculou-se a velocidade média que escoar na tubulação em função da rugosidade da tubulação e a declividade da via, chegando a uma velocidade de 1,25 m/s. Calculou-se então uma nova vazão, chegando a uma vazão de 0,0789 m³/s.

Após esse procedimento, comparou-se a nova vazão com a vazão de escoamento superficial já calculada no início do trabalho, chegando a uma conclusão que a vazão nova encontrada suportaria toda a água que escoar na via.

3.6 Propostas de otimização

Seguindo procedimentos técnicos e de engenharia para a elaboração de estudos e projetos de microdrenagem, foi possível analisar e propor soluções de otimização para a infraestrutura do sistema de drenagem urbana da região central de Mogi Guaçu, oferecendo aos usuários possíveis condições favoráveis de conforto e segurança, evitando a ocorrência de inundações.

Uma das possibilidades de otimização seria o aumento da quantidade de bocas de lobo, porém essa opção só é válida se a quantidade de boca de lobo no local forem menores que a quantidade que se necessita para o escoamento.

Existem também meios de se desobstruírem a passagem de água das bocas de lobo já existente, por meio de limpeza na qual podem estar entupidas gerando um forte odor.

No caso de piso drenante, estes auxiliariam no escoamento superficial da água por meio de seus poros e juntas, diminuindo o coeficiente de escoamento em função da ocupação do solo.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se por meio de cálculos de dimensionamento, que o sistema de galeria de águas pluviais referente à Rua Apolinário, localizado no centro de Mogi Guaçu, está

desconforme com o dimensionamento que seria ideal para suprir o manejo e drenagem das águas pluviais fornecidas pelas áreas de contribuição.

Para atender às vazões atuais de águas pluviais no local de estudo, foi sugerida a implantação de bocas de lobo adicionais em cada área de contribuição, visto que na área 1 as quantidades de bocas de lobo não suprem o necessário em vazão de coleta de água e na área 2, há bocas de lobos obstruídas, assim deixando a área sobrecarregada, fazendo com que mesmo com a quantidade ideal de bocas de lobo, a área seja ineficiente em drenagem, sofrendo com alagamentos.

Quanto ao aumento das áreas permeáveis, foi sugerida a troca da pavimentação convencional das calçadas e da praça que faz parte da área, trocando o concreto por pisos drenante, auxiliando na drenagem através da infiltração dessa água diretamente ao solo, reduzindo então o coeficiente de escoamento superficial e contribuindo para melhor drenagem e suporte às quantidades de bocas de lobo existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHO. M. H. C. **Águas de chuva – engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BOTUCATU. **Eu vi! Leitor registra lixo acumulado em bueiro na vila antártica**. 2016. Disponível em:

<http://www.agencia14news.com.br/euvi/leitor-registra-lixo-acumulado-em-bueiro-na-vila-antartica>. Acesso em 20 mar. 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Precipitações intensas no Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. São Paulo, 2018.

FORGIARINI et al. Avaliação de cenários de cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais. 2007. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Paulo, SP, Brasil.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.1, 19-28, jan/abr 2010.

GENOVEZ, A. M. **Avaliação dos métodos de estimação das vazões de enchente para pequenas bacias rurais do Estado de São Paulo**. 1991. [241]f. Tese (livre-docencia) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258778>>. Acesso em 14 mar. 2019.

GOMES, E. R. B.; CAVALCANTE, A. C. S. Desastres naturais: perdas e **reações psicológicas de vítimas de enchente em Teresina-PI**. 2012. **Psicologia & Sociedade**, 24(3), 720-728.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F., et al. 2006. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** 2012. Disponível em: www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf Acesso em 20 mar. 2019.

MORAES, A. P. **Procedimentos técnicos de dimensionamento da microdrenagem do município de Santo André**. 2015. Disponível em: ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Acesso em 20 mar. 2019.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento**. 2004. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10 - Nº 1 - jan/mar 2005, 36-48.

NETO, A. C. **Sistemas urbanos de drenagem**. 2019. Disponível em: www.academia.edu/download/40171026/Apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_Cardoso_Neto.pdf. Acesso em 20 mar. 2019.

NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. 2003. **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Curitiba, PR, Brasil..

PEDRO, L. C.; NUNES, J. O. R. **A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em presidente prudente-sp**. 2012. Disponível em: revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/2035/1915. Acesso em 20 mar. 2019.

PEREIRA, A. K. B.; SILVA, M. S.; ESCARIZ, R. C.; CARVALHO, N. B. Proposta de microdrenagem para redução do escoamento superficial urbano no loteamento guaricema em Aracaju-SE. **Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju, v. 5, n.2, p. 29-52, 2019.

PREFEITURA DE MOGI GUAÇU. **Plano de drenagem do município de Mogi Guaçu**.

2011. Disponível em:

www.mogiguacu.sp.gov.br/sistema/file/docarq_download/pdd_mogi_guacu_relatorio_final_ra.pdf. Acesso em 20 mar. 2019.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. **Manual de drenagem Urbana**.

2017. Volume I. Paraná.

TOMAZ, P. **Capítulo 5 – Microdrenagem**. Curso de Manejo de águas pluviais. 2013.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, p. 5-27, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio ambiente**. 1997. Disponível em:

www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/%C3%A1gua-no-meio-urbano.pdf Acesso em: 20 mar. 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Microdrenagem urbana**. 2015. Disponível em: AUT 0192 - Infraestrutura Urbana e Meio Ambiente 2015. Acesso em 20 mar. 2019.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Mogi Guaçu**. 2019. Disponível em:

<https://pt.weatherspark.com/y/30321/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Mogi-Gua%C3%A7u-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em 21 mar. 2019.

YOSHIZANE, H .P. **Hidrologia e drenagem**. Universidade Estadual de Campinas – CESET. 2003.