

IMPACTO DA INEFICIÊNCIA DA MICRODRENAGEM NO TRECHO DA AVENIDA MARCÍLIO DIAS COM RUA SÃO JOSÉ NO BAIRRO JULIÃO RAMOS NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ

Poliana Tunari Andrade Nascimento¹

Irlan Victor Trindade Lima²

Marcos Mauricio Alves de Almeida³

Carlos Henrique da Silva Nery⁴

RESUMO

A problemática de uma rede de drenagem ineficiente gera grande infortúnio e prejuízos em uma via para quem dela se utiliza. Dessa forma, objetivasse solucionar o problema de alagamentos constantes no trecho da Avenida Marcílio Dias com a Rua São José no bairro Julião Ramos, investigando a viabilidade da utilização da área de ressaca da Baixada do Japonês como sumidouro das águas pluviais. Foram desenvolvidas pesquisa bibliográfica e de campo que são importantes para a elaboração de todo processo projetual. Verificou-se que está possui declínio quanto a sua estrutura e que grande parte das pessoas estão atentas ao que pode e deve ser melhorado nesse sistema viário. Por conseguinte, o projeto de micro e macrodrenagem abarcam pontos importantes para a sociedade como a empregabilidade de mobilidade urbana com segurança e conforto, aos moradores daquele trecho.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Escoamento Superficial. Enchente.

ABSTRACT

The problem of an inefficient drainage network generates great misfortune and damage to a road for those who use it. In this way, the objective was to solve the problem of constant flooding in the stretch between Avenue Marcílio Dias and Street São José in the Julião Ramos neighborhood, investigating the feasibility of using the undertow area of the Baixada do Japonês as a sink for rainwater. Bibliographical and field research were carried out, which are important for the elaboration of the entire design process. It was found that its structure is in decline and that most people are aware of what can and should be improved in this road system. Therefore, the micro and macro drainage project covers important points for society, such as the employability of urban mobility with safety and comfort, for the residents of that stretch.

Keywords: Urban Drainage. Surface Runoff. Flood.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP.

² Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP.

³ Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP.

⁴ Docente do curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Estado do Amapá – Especialista em Engenharia de Estruturas Metálicas e Ciência e Engenharia de Materiais.

1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento populacional é um fator que provoca mudanças na dinâmica de uma cidade, desencadeando, de forma desordenada, o processo de urbanização, levando a população de menor poder aquisitivo a ocupar áreas de vulnerabilidade ambiental, originando invasões irregulares ou de loteamentos clandestinos.

No estado do Amapá, essas invasões irregulares são construídas por pessoas de baixa renda sobre as áreas úmidas, ressacas ou as várzeas de rios. Essas construções são, normalmente, de palafitas, sem saneamento básico, afetando diretamente nas suas funcionalidades. Os ecossistemas de áreas úmidas possuem uma forte e complexa associação com o regime hidrológico e participam de vários processos ecológicos, além de apresentarem propriedades específicas e exercerem a importante função de sumidouros de água pluviais.

Neste contexto, as ressacas e as várzeas podem ser vistas como componentes do ciclo hidrológico, bem como unidades importantes para a conservação da biodiversidade e regulação climática, servindo para o equilíbrio do meio ambiente. Por servirem como sumidouros de águas pluviais, ao serem ocupadas indevidamente, geram desequilíbrio ambiental, devido ao adensamento e impermeabilização indevida do solo, ocasionando, o risco constante de alagamento e contaminação do lençol freático.

Logo, a falta de planejamento e/ou projetos para acompanhar a expansão urbana permite evidenciar a vulnerabilidade social, desencadeando a intensificação de agravos, como as enchentes, por conta do aterramento impróprio desses corpos hídricos. Evidenciando esse problema, em Macapá, no cruzamento da Avenida Marcílio Dias com a Rua São José, observou-se que durante o período chuvoso as vias daquele trecho são inundadas, causando alagamento das edificações. A partir do exposto, esta pesquisa investiga o seguinte problema: como solucionar os alagamentos naquele setor, utilizando o sumidouro como macrodrenagem das águas pluviais?

Assim, o objetivo geral desse estudo foi analisar a interligação no cruzamento da Avenida Marcílio Dias com a Rua São José bem como a viabilidade da utilização da área de ressaca da Baixada do Japonês como elemento de macrodrenagem, servindo como sumidouro de águas pluviais, na cidade de Macapá-AP.

Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos que delinearam a estrutura deste trabalho: i) descrever os aspectos conceituais sobre macrodrenagem e microdrenagem urbana; 2) apresentar os procedimentos metodológicos para concretização da pesquisa e iii) evidenciar os resultados da solução alcançada pela pesquisa.

Para a realização deste trabalho, foi utilizada vasta pesquisa bibliográfica, documental além da pesquisa de campo com levantamento de dados in loco, conforme o estudo de caso que balizou esse trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DRENAGEM URBANA

Porto (1995, p. 348) descreve o conceito de drenagem urbana como “um conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos que as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável”.

Dibaba (2018) recorre a Zhou (2014) para explicar que:

As áreas urbanas em desenvolvimento requerem uma drenagem adequada com infraestruturas que funcionem de forma eficiente em eventos extremos de chuvas e para a manutenção do meio ambiente da cidade (Zhou, 2014 apud Dibaba, 2018, p. 131).⁵

Os sistemas de drenagem são construídos para recolher e transportar rapidamente águas pluviais e residuais de áreas urbanas impermeáveis para instalações municipais centralizadas, corpos de água próximos ou áreas rurais a jusante (Sui et al, 2022 apud Rodrigues et al, 2022). Na visão de Rodrigues et. al. (2022, p.1):

A drenagem é um recurso essencial para a população, pois é o principal meio de escoamento das águas pluviais. Esse sistema precisa ser desenvolvido, pois sua ausência ou ineficiência pode ocasionar problemas sócias como enchentes, aumento da transmissão de doenças, perdas materiais e morte.

A drenagem urbana pode ser dividida em dois grandes sistemas, micro e macrodrenagem, como demonstra a Figura 01.



2.2 SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Segundo o Manual Técnico da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2016) este sistema existe sempre, mesmo quando não projetado, constituindo-se dos fundos de vale, córregos e cursos d'água. A macrodrenagem em seus componentes destina-se à condução final das águas captadas pela microdrenagem (drenagem primária), dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, sarjetões, valas e galerias.

O Manual Técnico da FUNASA (2016) os principais elementos que compõem a macrodrenagem são: galerias de grandes dimensões, canais artificiais, modificações morfológicas de canais naturais, reservatório de retenção e estruturas auxiliares. Abaixo será descrito cada um desses elementos:

⁵ Tradução nossa.

- Galerias de grandes dimensões: são condutos destinados ao transporte das águas captadas pelo sistema de microdrenagem até os pontos de lançamento;
- Canais artificiais: são valas escavadas que podem ou não estar revestidas de material que lhes dê sustentação e que se destina à passagem das águas;
- Modificação de canais morfológicos de canais naturais: alteração da capacidade do canal incide diretamente na ampliação da forma e tamanho da seção transversal;
- Reservatórios de detenção: também conhecidos como piscinão, é um reservatório aberto ou fechado que tem por função regular a vazão de saída num valor desejado, de maneira a atenuar os defeitos a jusantes da vazão de entrada.

A macrodrenagem, portanto, constitui-se em um conjunto de componentes artificiais, além daqueles naturais (fundos de vales e cursos d'água) que deverão ser constituídos ou executados conforme a necessidade verificada (Funasa, 2016).

2.3 SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Segundo Costa et al. (2014) por microdrenagem pode-se entender o sistema de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças etc. É uma forma de gerenciamento de precipitação de médio risco e é projetado como um plano de esgotos pluviais ou canais no nível de subdivisão ou rede urbana primária (Paula et al., 2017 apud Rodrigues et al., 2022).

Segundo o Manual Técnico da Funasa (2016) os principais elementos que compõem a microdrenagem são: guias ou meio fio, sarjetas, bocas coletoras, galerias, poço de visita e caixa de interligação, dissipador e sarjetão. Abaixo será descrito cada um desses elementos:

- Guias ou meio fio: são elementos construídos por blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública (pista de rolamento) e o passeio (calçadas), com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública. Podem ser simples ou conjugados;
- Sarjetas: denominam-se sarjetas as faixas formadas pelo limite da via pública com a guia ou meio fio, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da via pública;
- Bocas coletoras: também conhecidas por boca de lobo ou bueiros, são dispositivos de captação das águas escoadas pelas sarjetas;
- Galerias: são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento determinados em projeto;
- Poço de visita e caixa de interligação: são os dispositivos colocados em pontos estratégicos do sistema. Como destinam-se a manutenção do sistema devem ter dimensão suficiente para a entrada de um operador;
- Dissipador: é um condutor construído de concreto e pedra que tem por função diminuir a velocidade da água quando sai da tubulação que, caso fosse lançada diretamente ao solo, seu forte impacto poderia provocar erosões;
- Sarjetão: são calhas formadas pela própria pavimentação e concreto nos cruzamentos das vias públicas, servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas (Manual Técnico da Funasa, 2016).

Assim, verifica-se que a microdrenagem é constituída por um conjunto de componentes que deverão ser conectados à macrodrenagem.

2.4 DRENAGEM URBANA LIGADA À SAÚDE PÚBLICA

Tem-se uma grande preocupação com o impacto pela água na saúde pública, pois durante seu escoamento ocorre a lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais, resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão (velocidade do escoamento), lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem, e esgoto cloacal que não é coletado e escoado através da drenagem. A carga de contaminação dos três primeiros itens pode ser superior à carga resultante do esgoto cloacal sem tratamento (Tucci, 2009 apud Falcão, 2021).

De acordo com Butler et. al. (2018, online):

A drenagem urbana tem uma série de papéis importantes na manutenção da saúde e segurança pública. Os excrementos humanos (particularmente as fezes) são o principal vector de transmissão de muitas doenças transmissíveis. A drenagem urbana tem um papel direto na remoção eficaz de excrementos das bacias.

Com o descarte e acúmulo inadequado dos resíduos sólidos, e a falta de políticas públicas de saneamento básico eficiente, as redes de drenagem urbana são afetadas negativamente, pois esses resíduos são transportados através dos elementos de microdrenagem até o sumidouro de águas pluviais existente, como mostra a Figura 02.

Figura 02 - Lixo despejado no sumidouro



Fonte: Elaborado pelos autores.

O acúmulo desses resíduos obstrui a passagem da água e diminui sua vazão, provocando acúmulo de água na superfície, como mostra a Figura 03, já que ela não tem para onde escoar, expondo a população a diversas doenças provenientes de vírus e bactérias, tal como a leptospirose. Em consequência, os gastos públicos e privados em saúde e tratamento são elevados. Segundo o Instituto Trata Brasil (2021) houve quase 130 mil hospitalizações em decorrência de doenças de veiculação hídrica, gerando gastos ao país de cerca de R\$55 milhões.

Figura 03 - Maior ponto de retenção de água



Fonte: Elaboração própria

3 METODOLOGIA

3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

Quanto à finalidade a pesquisa será aplicada, pois visa ações práticas para contribuir em soluções imediatas de problemas do cotidiano. Segundo Gil (2017), a pesquisa aplicada abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem.

O estudo foi realizado de forma qualitativa, a partir da análise de dados obtidos através das pesquisas primárias e secundárias. Primeiramente, foi escolhida a área a ser estudada, verificando a real condição do local, foram também realizadas visitas de campo para a coleta de dados, como imagens. Posteriormente, foram realizadas pesquisas bibliográficas em livros, sites, jornais e trabalhos já publicados sobre o tema, com o intuito de compreender e escolher técnicas para a melhor solução do problema.

Em síntese, a pesquisa qualitativa apresenta as seguintes características: o pesquisador é considerado o instrumento principal de coleta de dados; a pesquisa usa processos de detalhamentos da realidade observada e busca o sentido das situações e seus impactos para o grupo pesquisado (Lozada; Nunes; 2018, p. 134).

Para a realização deste estudo adotou-se o objetivo exploratório, visto que o foco foi responder a hipóteses mais amplas, ou seja, uma investigação abrangente, que visa reunir, analisar e definir informações e características possíveis de serem verificadas, a partir da qual se extrai uma conclusão. Assim, de acordo com Lozada e Nunes (2018), a pesquisa exploratória tem o intuito de ajudar o pesquisador a ter mais conhecimento sobre determinado assunto, com o objetivo de expandir sua compreensão e aumentar seu número de ideias e soluções para tal assunto.

Também se adotou o viés descritivo, com o intuito de descrever as características do objeto de estudo. Tendo em vista que, as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis (Gil, 2017).

De acordo com os procedimentos metodológicos foram realizadas pesquisas bibliográficas, com base em material já elaborado, constituídos, principalmente, de livros e artigos científicos, as quais fundamentaram teoricamente este estudo. A pesquisa bibliográfica está inserida principalmente no meio acadêmico com a finalidade de aprimoramento e atualização do conhecimento, através de uma investigação científica de obras já publicadas (Sousa et al., 2021).

Ainda quanto aos procedimentos técnicos, realizou-se um estudo de caso, com o intuito de entender os motivos que levam ao alagamento do trecho em questão e de solucioná-lo, nas seguintes etapas: (i) detalhamento da planta de localização; (ii) levantamento de dados; (iii) estimativa de água acumulada; e (iv) dimensionamento de tubulação.

3.2 DETALHAMENTO DO ESTUDO DE CASO

Como pode ser visto na Figura 04, a área de estudo está localizada na cidade de Macapá, no bairro Julião Ramos, na região central da cidade, no trecho entre a Avenida Marcílio Dias e a Rua São José.

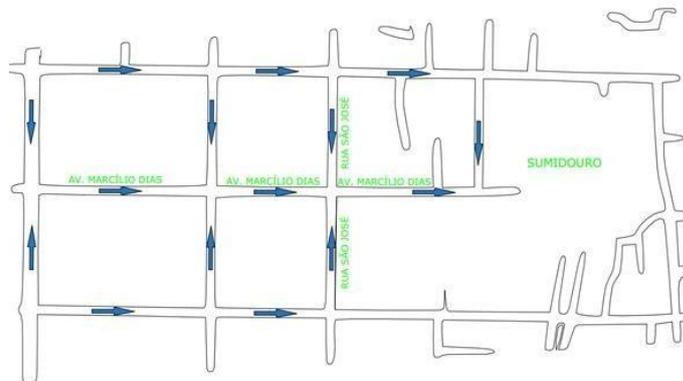
Figura 04 - Área de estudo



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2023).

A rede de drenagem recebe contribuição tanto da Avenida Marcílio Dias como dos dois lados da Rua São José, como vê-se na Figura 05, com uma área de contribuição de 141638 m². O trecho possui uma rede de drenagem composta por uma tubulação de 800 mm, com 4 bocas de lobos em cada esquina do cruzamento. Possui um poço de visita próximo do sumidouro.

Figura 05 - Contribuição da água da chuva



Fonte: Dos autores (2023).

3.3 DIMENSIONAMENTO DOS APARELHOS DE ÁGUA PLUVIAL URBANA

Para dimensionamento de águas pluviais urbanas deve-se observar vários fatores como área de contribuição, declividade do trecho a ser dimensionado tal qual a intensidade pluviométrica da região, e o sentido que a água percorre naturalmente por gravidade de montante (parte mais alta do terreno) para jusante (parte mais baixa) a ser calculado.

Para calcular a área de contribuição, deve-se utilizar o método racional através Equação de contribuição (1):

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \tag{1}$$

Em que:

Q = contribuição em m³/s

i = intensidade pluviométrica em mm/h

A = área em ha

Logo após encontrar a área de contribuição, realiza-se o cálculo da capacidade de escoamento superficial (Q0 em

m³/s) por meio da equação (2):

$$Q = 0,375 * \frac{y^3}{8} (Z) \sqrt{I} \quad (2)$$

0 0 N

Em que:

Q₀ = m³/s

Y₀ = altura da lâmina de água na sarjeta

Z = Declividade transversal da sarjeta

N = coeficiente de rugosidade do material da sarjeta

I = Declividade longitudinal da sarjeta (sentido da rua).

Caso o escoamento superficial seja menor que a contribuição, será necessário o dimensionamento de galeria de água pluvial (GAP), caso contrário, não será preciso dimensionar GAP pois somente a sarjeta suporta o escoamento de água na via.

Deve ser escolhido o diâmetro do tubo de concreto de acordo com a vazão de projeto e a capacidade admissível de cada tubo, como visto na Tabela 01 fornecida pelo manual de drenagem de rodovia (DNIT, 2006) com alguns dados sobre dimensões, vazão, velocidade e declividade de acordo com seu diâmetro.

Tabela 01 – Diâmetro do tubo de concreto

Tipo	Diâmetro (m)	Área molhada crítica (m ²)	Vazão crítica (m ³ /s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)
BSTC	0,60	0,22	0,43	1,98	0,88
BSTC	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70

BSTC: Bueiro Simples Tubular de Concreto.

Fonte: DNIT (2006).

Para considerar se o diâmetro do tubo suporta a vazão de contribuição, deve-se adotar a vazão crítica do tubo maior que a solicitada, sem muita discrepância e sempre arredondando para mais.

A partir da escolha do tubo será feito o cálculo da velocidade máxima de escoamento da rede através da equação (3):

$$V = \frac{R^{2/3} * I^{1/2}}{N} \quad (3)$$

Em que:

V = velocidade máxima de escoamento dada em (m/s)

I = declividade da tubulação em (m/m)

N = coeficiente de rugosidade do material

R = raio hidráulico através da equação (4)

$$= 0,295 * D \quad (4)$$

Em que:

D é o diâmetro do tubo em (m)

Realiza-se o cálculo de capacidade de rede dada pela equação da continuidade em (m³/s) através equação (5):

$$Q_1 = V * AM \quad (5)$$

Em que:

Q₁ = é capacidade de vazão da rede em (m³/s)

V = é a velocidade de escoamento (m/m)

AM = área molhada do tubo em (m²) encontrada a partir da equação (6):

$$AM = 0,7662 * D^2 \quad (6)$$

3.3.1 Dimensionamento de boca de lobo simples e sua capacidade de escoamento

O cálculo de capacidade e vazão da boca de lobo se dá através da equação (7):

$$q = 1,71 * L * h^{2/3} \quad (7)$$

Em que:

q = vazão em m³/s

L = comprimento de abertura da boca de lobo

h = altura da abertura da boca de lobo.

Sua dimensão é de forma comercial pré-moldada basta obter os seus dados e calcular sua vazão e verificar se atende as suas necessidades.

Para dimensionar o número de dispositivos de boca de lobo simples para o trecho de estudo devemos dividir a contribuição das áreas (Q) pela capacidade de absorção de um dispositivo (q). Lembrando que sempre devemos arredondar para cima e em números pares de dispositivos, através da equação (8):

$$N^{\circ} \text{ disp.} = \frac{Q}{q} \quad (8)$$

Em que:

Q = contribuição da área dimensionada

q = capacidade de absorção de um dispositivo.

O poço de visita (PV) deve ser dimensionado para permitir a entrada de uma pessoa a fim de realizar manutenções e limpezas futuras, geralmente as dimensões da caixa é de 1x1 metros e sua profundidade varia de acordo com o diâmetro da rede e declividade, deve ser fechada com uma tampa de metal ou concreto com orifício de 60 centímetros de diâmetro, sua disposição não deve ultrapassar 100 metros umas das outras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS COLHIDOS EM CAMPO

Foi realizado o levantamento planialtimétrico em 15 pontos na região, como mostra a tabela 02, colhendo dados de área e cotas do relevo a fim de identificar a declividade e sentido da água de montante para jusante. Foram obtidos dados pluviométricos e seu tempo de retorno. Foi adotado o tempo de retorno de 15 anos acima do que é recomendado devido aos elevados índices pluviométricos da cidade de Macapá e alta incidência de alagamento na área (i = 47,6 m³/s).

Tabela 02 - Dados obtidos em campo

Trechos	Cotas (m)	Comprimento	Área em (ha)
P01 / P02	13,8 / 12,2	202,0	1,142
P02 / P03	12,1 / 5,50	140,0	0,602
P03 / P04	5,50 / 5,00	175,0	0,830
P04 / P13	5,00 / 4,60	133,0	0,858
P05 / P08	12,8 / 10,5	208,0	2,030
P06 / P07	12,8 / 10,0	210,0	1,160
P07 / P08	10,0 / 10,5	137,0	0,889
P02 / P08	12,1 / 10,5	138,0	0,891
P08 / P11	10,5 / 4,70	142,0	1,040
P03 / P11	5,50 / 4,70	136,0	0,895
P10 / P11	8,00 / 4,70	132,0	0,909
P07 / P09	10,0 / 6,30	71,00	0,298
P09 / P10	6,30 / 8,00	72,00	0,304
P10 / P12	8,00 / 4,10	258,0	1,580
P11 / P13	4,70 / 4,60	171,0	1,700
P13 / P14	4,60 / 3,20	67,00	0,547

Fonte: Elaboração própria

Para o cálculo de contribuição foram utilizados os dados na tabela 03 em que já constam os valores de Q a partir da equação racional; foi adotado o valor de 0,90 para (C). Para a capacidade de escoamento superficial da sarjeta iremos adotar os seguintes coeficientes $y_0 = 0,12m$, $N = 0,015$ e $Z = \tan 70^\circ$. Obtendo os valores de Q_0 em m^3/s a partir da equação de capacidade de escoamento superficial.

$$C = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad (1)$$

$$Q_0 = 0,375 \cdot y_0^{3/8} \cdot \left(\frac{Z}{N}\right) \cdot \sqrt{I} \quad (2)$$

Tabela 03 – Tabela de contribuição dos trechos (Q) e capacidade de escoamento superficial

Trechos	I=H-h/L em (m/m)	Área em (ha)	Q contri. em m^3/s	Q ₀ em m^3/s
P01 / P02	0,0072	1,142	0,1350	0,021
P02 / P03	0,0480	0,602	0,0716	0,052
P03 / P04	0,0028	0,830	0,0987	0,012
P04 / P13	0,0030	0,858	0,1020	0,013
P05 / P08	0,0110	2,030	0,2410	0,027
P06 / P07	0,0133	1,160	0,1380	0,029
P07 / P08	0,0036	0,889	0,1050	0,014
P02 / P08	0,0123	0,891	0,1060	0,026
P08 / P11	0,0408	1,040	0,1230	0,048
P03 / P11	0,0060	0,895	0,1060	0,018
P10 / P11	0,0250	0,909	0,1080	0,038
P07 / P09	0,0520	0,298	0,0350	0,054
P09 / P10	0,0138	0,304	0,0360	0,036
P10 / P12	0,0150	1,580	0,1880	0,029
P11 / P13	0,0005	1,700	0,2020	0,0057
P13 / P14	0,0208	0,547	0,0650	0,034

Fonte: Dos autores, (2023).

Caso o valor de escoamento seja maior que o valor de contribuição não será necessário o dimensionamento de galeria de água pluvial (GAP). Como pode-se notar, praticamente em quase todos os trechos haverá o dimensionamento de GAP, com exceção do trecho P07 / P09, que também será dimensionado GAP devido a uma depressão no meio do trecho que faz a água ficar acumulada.

4.2 CÁLCULO DA VELOCIDADE MÁXIMA DE ESCOAMENTO E CAPACIDADE DE REDE

No cálculo da velocidade máxima de escoamento do tubo (V em m/s) deve ficar entre 0,75 m/s e 5,0 m/s, e sua capacidade de rede deve ser maior que a contribuição da área, caso contrário será necessário redimensionar a tubulação, empregou-se as fórmulas abaixo.

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot I^{1/2}}{N} \quad (3)$$

$$Q_1 = V \cdot AM \quad (5)$$

$$AM = 0,7662 \cdot D^2 \quad (6)$$

Para a velocidade máxima de escoamento utilizando tubulações de 60 cm e 80 cm de diâmetro (D) e sua velocidade máxima e mínima devem ficar entre 5 m/s e 0,75 m/s, Tabela 04.

Tabela 04 - Velocidade máxima de escoamento da tubulação e capacidade da rede

Trechos	R= 0,2895*D	I=H-h/L em (m/m) para a tubulação	V em m/s	Q ₁ em m^3/s
P01 / P02	0,173	0,0072	1,84	0,508
P02 / P03	0,173	0,0480	4,52	1,240
P03 / P04	0,173	0,0028	1,10	0,303
P04 / P13	0,173	0,0030	1,13	0,310
P05 / P08	0,173	0,0110	2,17	0,590
P06 / P07	0,173	0,0133	2,38	0,650
P07 / P08	0,173	0,0036	1,24	0,324
P02 / P08	0,173	0,0123	2,29	0,630
P08 / P11	0,231	0,0370	4,82	2,360
P03 / P11	0,173	0,0060	1,06	0,441
P10 / P11	0,173	0,0250	3,27	0,901
P07 / P09	0,173	0,0520	4,75	1,310
P09 / P10	0,173	0,0138	2,43	0,670
P10 / P12	0,173	0,0150	1,40	0,387
P11 / P13	0,231	0,0005	1,48	1,450
P13 / P14	0,231	0,0208	3,62	1,640

Fonte: Elaboração própria

4.3 DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM

Dimensionamento de número de dispositivos de boca de lobo (BL) por trecho, poço de visita (PV) e de caixas coletoras (CL) a contribuição da boca de lobo adotada foi de ($q = 0,045m^3/s$) e os números de BL estão arredondados para cima em números pares, vide Tabela 05.

Tabela 05 - Dimensionamento de número de boca de lobo, poço de visita e caixas coletoras

Trechos	Q contri. em m^3/s	Nº BL	Nº CL	Nº PV
P01 / P02	0,1350	4	0	2
P02 / P03	0,0716	2	0	1
P03 / P04	0,0987	4	0	2
P04 / P13	0,1020	4	0	2
P05 / P08	0,2410	6	1	2
P06 / P07	0,1380	4	0	2
P07 / P08	0,1050	4	0	2
P02 / P08	0,1060	4	0	2
P08 / P11	0,1230	4	0	2
P03 / P11	0,1060	4	0	2
P10 / P11	0,1080	4	0	2
P07 / P09	0,0350	2	0	1
P09 / P10	0,0360	2	0	1
P10 / P12	0,1880	6	1	2
P11 / P13	0,2020	6	1	2
P13 / P14	0,0650	2	0	1

Fonte: Elaboração própria

OBS: nos trechos P10/P11, P11/P13 e P13/P14 houve uma elevação no diâmetro da rede de uma linha de 60 cm de

diâmetro para 2 linhas de 80 cm de diâmetro, a fim de suportar toda a vazão de montante para jusante.

4.4 ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA ACUMULADA DURANTE FORTE CHUVA

A partir de dados coletados foi observado que na área existem apenas 19 bocas de lobo e somente 6 poços de visita, o que não supre a capacidade de escoamento de água acumulada.

Através das imagens de satélite e dados coletados no local durante uma forte precipitação como se vê na Figura 06, estimamos que no principal ponto de retenção de água, fator predominante para os constantes alagamentos da área, o perímetro de alagamento é de aproximadamente 372 m em uma área de cerca de 1.277m²; possuindo uma altura média de lâmina d'água de 0,15 m.

Figura 06 - Área de maior acúmulo de água



Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2023).

Com base nos dados coletados estimou-se que o acúmulo de água acumulada durante fortes chuvas do dia 16/07/2023 como mostra a Figura 07, foi de aproximadamente 190,8 m³ de água no local, causando transtorno para os usuários da malha viária.

Figura 07 - Água acumulada durante chuvas



Fonte: Elaboração própria

O dimensionamento existente não é satisfatório, visto que, a rede de água pluvial existente apesar de ter uma tubulação com diâmetro considerado adequado para aquele trecho não abrange toda a área de contribuição, e os elementos de microdrenagem presentes não suporta a vazão nos dias de maiores precipitações, fazendo com que o sistema de drenagem ficasse sobrecarregado ao receber uma vazão maior do que a estimada causando os constantes alagamento no trecho mais baixo da área.

Nesse contexto é evidente que o dimensionamento apresentado se mostra satisfatória no sentido de sanar os constantes alagamento, considerando a construção de novos pontos coletores de água (boca de lobo), aumentando a capacidade da rede de água pluvial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A drenagem urbana é um dos mecanismos que contribuem para o desenvolvimento de uma cidade de forma ordenada. Quando ineficiente ela gera transtornos aos usuários e afeta os cofres públicos. Um dos maiores problemas de um sistema de drenagem ineficiente é o acúmulo de água na superfície, desencadeando enchentes e alagamentos.

Com este estudo, percebeu-se a necessidade do redimensionamento da rede existente, distribuindo de forma correta ao longo da área de contribuição os elementos de microdrenagem, de modo que suportem a vazão das águas pluviais que chegam até as bocas de lobo, direcionando até o sumidouro com objetivo de dar maior vazão a água captada, para que seja eliminada de forma rápida e eficiente, evitando o acúmulo de água no trecho.

Logo, com o dimensionamento de uma rede de microdrenagem eficiente alcançou-se o objetivo de minimizar os impactos das chuvas no meio ambiente, proporcionando conforto e segurança aos transeuntes que utilizam aquela malha viária, e maior qualidade de vida à população residente da área em questão.

Por fim, recomenda-se para estudos posteriores uma abordagem técnica inovadora, para a região, que não foi possível apreciar no presente trabalho mais que se mostra promissora, a exemplo do pavimento poroso.

REFERÊNCIAS

BUTLER, D.; DIGMA, C.; MAKROPOULOS, C.; DAVIES, J. **Urban Drainage**. Taylor & Francis, CRC Press 4TH Edition. 9 de abril de 2018, p. 1 – 592.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Oficial da União, 3 ago. 2010.

CONCEIÇÃO, M.; SOUZA, G.; QUEIROZ, T.; SILVA, A.; SÁ, R.; SILVA, A.; SILVA, J. **Crescimento populacional de resíduos sólidos: o caso da região norte**. 18 de fevereiro. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.2, p. 7936-7947.

COSTA CM, SILVA QD, GARRITO AC, BARROS DV, SANTOS RP. **Inundações Urbanas: Estudo de caso do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Paciência – Ilha do Maranhão**. Revista Geonorte, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.333-337, 2014.

DIBABA, W. T, 2018. A review of sustainability of urban drainage system: traits and consequences. **Journal of Sedimentary Environments**, 3 (3): p. 131-137.

FALCÃO, J. **Drenagem Urbana: Estudo de caso**. Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Manual de drenagem e manejos de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos.** São Paulo: SMDU, 2012. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/uplo ad/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf. Acessado em: 29 de maio de 2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Drenagem e manejo das águas pluviais urbana.** 2016. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Dr enagem+e+Manejo+das+%C3 %81guas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>. Acessado em: 29 de maio de 2023.

FLINKLER, R. Unidade 1 Bacia Hidrográfica. In **Planejamento, manejo e gestão de bacias.** [s.l.] Agência Nacional de águas, 2017. p. 1-55.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

INSTITUTO PROJETA JUNIOR. **Post.** Disponível em: <https://projetajunior.ufca.edu.br/principios-de-drenagem-urbana/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.
LOZADA, G.; NUNES, K. **Metodologia Científica.** Porto Alegre. SAGAH, 2018.

PORTO, M. (1995) **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas.** In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.; BARROS, M.T. Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 1995. p. 387-428.

RODRIGUÊS, N. M.; RODRIGUÊS, C. E. F.; RODRIGUÊS, C. R. **A falta de drenagem urbana nas cidades brasileiras,** 2022. 12 f. Revisão Literária (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade de Gurupi, Brasil, 2022.

SOUSA, A.; OLIVEIRA, G.; ALVES, L. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos.** Caderno da Fucamp, v.20, n.43, p.64-83/2021. Disponível em [file:///D:/Downloads/2336-Texto%20do%20Artigo-8432-1-10-20210308%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/2336-Texto%20do%20Artigo-8432-1-10-20210308%20(1).pdf). Acesso em: 23 de maio de 2023

TRATA BRASIL. Brasil teve cerca de 130 mil internações por doenças associadas à falta de saneamento, 2021. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/brasil-teve-cerca-de-130-mil-internacoes-por-doencas-associadas-a-falta-de-saneamento-em-2021/>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.