

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARLON ALONSO DA SILVEIRA

**ESTUDO DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO
DA RUA SÃO PAULO COM A PERIMETRAL TANCREDO DE ALMEIDA
NEVES NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR**

CAMPO MOURÃO

2020

MARLON ALONSO DA SILVEIRA

**ESTUDO DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO
DA RUA SÃO PAULO COM A PERIMETRAL TANCREDO DE ALMEIDA
NEVES NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof.^a. Dra. Paula Cristina de Souza

CAMPO MOURÃO

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO DA RUA
SÃO PAULO COM A PERIMETRAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES NO
MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO - PR**

por

Marlon Alonso da Silveira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 08h00min do dia 10 de dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer
(UTFPR)

Prof. Dr^a. Vera Lucia Barradas Moreira
(UTFPR)

Prof. Dr^a. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza

*A Folha de Aprovação encontra-se assinada eletronicamente no processo do SEI numero
23064.041302/2020-41.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bacia Hidrográfica.....	15
Figura 2 - Relação entre área de drenagem, produção de sedimentos e atividade de construção.....	20
Figura 3 - Localização de Campo Mourão no estado do Paraná (A) ; Localização da área de estudo (B).....	23
Figura 4 - Fluxograma com as etapas de dimensionamento de galerias de águas pluviais.	25
Figura 5 - Áreas de influência compondo o mosaico.	26
Figura 6 - Características geométricas do conduto livre de seção circular	31
Figura 7 - Local de estudo.....	34
Figura 8 - Ponto crítico de alagamento	35
Figura 9 - Ponto crítico de alagamento	35
Figura 10 – Poço de visita 5 colapsado.....	36
Figura 11 - Poço de visita 5.....	36
Figura 12 - Traçado da área de escoamento	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Medidas para gestão de drenagem urbana.....	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Coeficiente de <i>Runoff</i>	27
Tabela 2 - Período de retorno T	29
Tabela 3 – Valores da área de escoamento superficial e extensão do trecho	37
Tabela 4 - Resultados obtidos com diâmetros de acordo com Mapa da Galerias Pluviais.....	38
Tabela 5 - Resultados obtidos a partir de novos diâmetros.	38

LISTA DE SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PV	Poço de Visita
RECESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais João e Maria, deixo expressa minha eterna gratidão por estarem comigo, mesmo distantes, nos dias de paz e nos dias de imensa tempestade. Por colocarem fé no meu potencial, e jamais desacreditarem em mim.

Aos meus irmãos Monique, Raphaela e Weder, obrigado por sempre cuidarem de mim, me apoiarem no que acredito, e sempre me guiarem no melhor caminho.

Aos meus tios Marilena e Aloisio, pelo apoio ao longo de todos desses anos, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus amigos, que com o passar dos dias se tornaram minha segunda família, agradeço por fazerem de Campo Mourão um lar, por estarem ao meu lado quando precisei, pelos ótimos momentos vividos e experiências compartilhadas.

Registro, aqui, minha profunda gratidão à minha orientadora Professora Paula Cristina de Souza, pela experiência compartilhada, pelo apoio e contribuição no amadurecimento do meu conhecimento. E também por sempre estar pronta a ajudar com muita paciência e dedicação, doando-se em um trabalho conjunto.

A todos os meus professores pela dedicação em nos ensinar da melhor maneira possível.

Finalmente, de forma especial, gostaria de agradecer minha avó Elza (*in memoriam*), que sonhou com isso ao meu lado, e que, de onde estiver, espero fazê-la orgulhosa e, desta forma, retribuir sua estima em mim.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar soluções para problemas de drenagem urbana em um cruzamento de vias públicas do município de Campo Mourão - PR. O aumento da urbanização, da área impermeável do solo urbano e falta de planejamento adequado na construção de sistema de coleta de águas pluviais, contribui para problemas de drenagem urbana. Pautado em estudos científicos, foi analisado o sistema de drenagem existente na ampliação do cruzamento da rua São Paulo com a Perimetral Tancredo de Almeida Neves. Foram realizadas análises *in loco*, análises de projetos existentes, além do comportamento hidráulico do cruzamento em questão em dias de chuva, com base nisso foram analisadas as áreas de contribuição superficial da região, as características dos coeficientes de infiltração, calculada a vazão de contribuição destas áreas e dimensionada a tubulação necessária com base nos dados levantados e utilizando o método racional de cálculo. Verificou que a tubulação representada no Mapa de Galerias (2015) – Anexo A e também constatada na visita *in loco* que a rede implantada possui um diâmetro menor do que o necessário de acordo com os cálculos realizados.

Palavras chave: Precipitação, Método racional, Drenagem Urbana.

ABSTRACT

The present work aims to present solutions to urban drainage problems at an intersection of public roads in the municipality of Campo Mourão - PR. The increase in urbanization, in the impermeable area of the urban soil and the lack of adequate planning in the construction of the rainwater collection system, contributes to urban drainage problems. Based on scientific studies, the existing drainage system in the expansion of the intersection of Rua São Paulo and Perimetral Tancredo de Almeida Neves was analyzed. On-site analyzes were carried out, analyzes of existing projects, in addition to the hydraulic behavior of the crossing in question on rainy days, based on this the areas of superficial contribution of the region and the characteristics of the infiltration coefficients were analyzed, the contribution flow of these areas was calculated and the necessary standard was dimensioned based on the data collected and using the calculation rational method. It was verified that the piping represented in the Map of Galleries (2015) - Annex A and also found in the on-site visit that the implanted network has a smaller diameter than necessary according to the calculations performed.

Keywords: Precipitation, Rational method, Urban drainage.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
4.1 Bacia de Drenagem	15
4.2 Urbanização e Drenagem Urbana	15
4.3 Impactos da Drenagem Urbana	19
4.4 Modelo de Dimensionamento de Drenagem Urbana	20
4.5 Escoamento Superficial	21
4.6 Trabalhos relacionados ao método racional	21
5 METODOLOGIA DE PESQUISA	23
5.1 ÁREA DE ESTUDO	23
5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	23
5.3 Utilização do método racional	24
5.4 Etapas para o dimensionamento	25
5.4.1 Delimitar as áreas de influência	26
5.4.2 Distribuição de Bocas de Lobo e Poços de Visita	26
5.4.3 Mosaico	26
5.4.4 Definir o Coeficiente de <i>Runoff</i>	27
5.4.5 Tempo de concentração	28
5.4.6 Intensidade Pluviométrica	28
5.4.7 Calculo da vazão superficial local (Qloc).....	29
5.4.8 Vazão total	29
5.4.9 Diâmetro da tubulação	29
5.4.10 Declividade do terreno no trecho (St).....	30
5.4.11 Cotas inferiores da galeria.....	30
5.4.12 Constante K.....	31
5.4.13 Ângulo Central da Superfície Livre (θ):.....	32
5.4.14 Relação altura-diâmetro (h/D)	32

5.4.15 Área molhada (Am)	32
5.4.16 Velocidade de escoamento	33
5.4.17 Tempo de Percurso (tp).....	33
5.5 Comparação dos resultados	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6.1 Visita ao local e análise documental	34
6.2 Ponto crítico de alagamento da rede durante as precipitações médias na região.	35
6.3 Área do escoamento superficial que contribui para o ponto crítico de alagamento e a vazão solicitante;.....	37
6.4 Dimensionamento da tubulação através do Método Racional.....	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
8 REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE A - RESULTADOS COM DIÂMETROS DE ACORDO COM MAPA DE GALERIAS	44
APÊNDICE B - RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DE NOVOS DIÂMETROS...	45
ANEXO A – MAPA DE GALERIAS PLUVIAIS DE CAMPO MOURÃO – 2015	46

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 50 do século XX, a alta concentração de habitantes em áreas urbanas mostrou-se como um fenômeno mundial. Observou-se um aumento notável no fluxo dos moradores da zona rural em direção às cidades, provocando e aumentando problemas na infraestrutura urbana. (RECESA, 2007).

A drenagem urbana, está relacionada às soluções de engenharia, para orientação e condução de águas pluviais provindas de praças, ruas, loteamentos com construções ou não, e demais elementos do espaço urbano que recebem de forma direta as águas da chuva. A falta de eficácia deste sistema, pode gerar efeitos danosos sobre a população, e afetar de forma prejudicial os órgãos públicos. (GUILHERME, 2015).

Problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais existem em várias cidades no Brasil, sendo refletidos em forma de impactos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade que está implantada no mesmo. Os impactos são conseqüências de variadas causas e associados a determinados aspectos, ocasionando diversos problemas e prejuízos à população urbana. (BASSO et al., 2018).

Segundo o IBGE, Campo Mourão teve, na década de 70, um êxodo rural com os novos e crescentes fluxos populacionais em busca de melhoria de vida. A população da cidade em 1970 era de 27.780 habitantes em área urbana e 49.338 na área rural, e o último censo de 2020 foi de 95.488 habitantes.

Neste trabalho será realizado o estudo de um sistema de drenagem urbana, para avaliar o comportamento hidráulico da rede já executada durante as precipitações, com objetivo de analisar possíveis medidas para redução dos problemas de drenagem urbana no cruzamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a rede de drenagem de águas pluviais existente no cruzamento da Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a rua São Paulo localizada na cidade de Campo Mourão – PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Efetuar o levantamento de campo da rede existente no cruzamento da Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a rua São Paulo;
- Verificar o comportamento hidráulico e identificar o ponto crítico de alagamento da rede durante as precipitações médias na região;
- Calcular a área do escoamento superficial que contribui para o ponto crítico de alagamento e calcular a vazão solicitante;
- Dimensionar as tubulações através do método racional de cálculo e comparar com o sistema existente.

3 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a realização do presente trabalho à necessidade de estudar um meio de drenar a água das galerias durante o período de chuvas intensas e até mesmo esporádicas no cruzamento da Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a rua São Paulo localizado na cidade de Campo Mourão, sem depreciar a galeria já existente e o meio ambiente.

As áreas baixas que não possuem cursos d'água no local, como é a situação dos moradores deste cruzamento, sofrem com o acúmulo de água, causando alagamentos e vários transtornos. Um dos fatores mais apontados como causa dos alagamentos nesses pontos são as falhas técnicas na elaboração do projeto da cidade ou a deficiência do sistema de drenagem pluvial.

Dentre tantas as funções do engenheiro civil, pode-se citar a atuação em projetos arquitetônicos, fiscalização de obras e irregularidades em construções que não foram bem planejadas e causam dessabor aos moradores, como vem acontecendo em Campo Mourão.

Aliado a perda material expõe-se a necessidade de uma prevenção da segurança dos moradores locais que, por sua vez, devido a intensas e inesperadas chuvas não possuem tempo hábil para a retirada de seus bens, pois devido ao escoamento superficial pluviométrico o solo torna-se escorregadio dificultando assim o traslado seguro dos moradores para a área não afetada pelas chuvas.

Portanto, é necessário que sejam tomadas medidas para resolução do problema de drenagem na área, para que nem a população que vive nesse meio seja prejudicada, nem o meio ambiente sofra com as mudanças.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Bacia de Drenagem

Segundo Tucci (2004), a bacia de drenagem é uma área de captação natural de precipitação que faz concentrar-se os escoamentos para um único local de saída, seu exutório. A bacia de drenagem compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por direções de águas que se unem até resultar um leito único no exutório.

Pode-se também referir a bacia de drenagem um sistema físico onde o volume de água da chuva é a entrada e o volume de água decorrente do escoamento para o exutório, a saída. Em um evento específico, podem ser desconsideradas as perdas, e a análise da precipitação pode ser realizada pela transformação da chuva em vazão. (NOGUEIRA, 2017)

Figura 1 - Bacia Hidrográfica



FONTE: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br>

4.2 Urbanização e Drenagem Urbana

Segundo Tucci (2005), na segunda metade do século XX, houve um aumento no desenvolvimento urbano, impactando o ecossistema terrestre e aquático e a própria população através das inundações, doenças e perda de qualidade de vida. Este processo ocorre devido à falta de controle do espaço urbano que produz efeito direto sobre a infraestrutura.

Um dos fatores que influenciam o crescimento populacional em áreas urbanas, é a transferência da população rural para as cidades, geralmente pessoas de baixa renda que não possuem condições de investirem em locais próprios para habitação e migram para locais precários e com risco de inundações e deslizamentos. (TUCCI,2005)

Para Porto (2007), a falta do planejamento urbano na grande maioria das cidades brasileiras traz inúmeros problemas para a população que nelas residem, em virtude dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Cita-se como exemplo, os problemas relativos às enchentes urbanas, que podem desabrigar milhares de pessoas, gerar altos prejuízos econômicos e desenvolver doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose e malária, por exemplo, e além daqueles relativos à produção e transportes de cargas difusas de poluição que podem prejudicar os corpos de água.

Inundações devido à urbanização, são as que ocorrem na drenagem urbana devido às chuvas intensas e ao efeito da impermeabilização do solo ou oclusão ao escoamento. Os alagamentos geralmente se enquadram nesse tipo de inundação, salvo outras condições que não possuem a chuva intensa como uma das causas. (TUCCI,2005)

O termo drenagem urbana é entendido como conjunto de ações que tem por fim diminuir os riscos a que a população está sujeita, reduzir os danos causados por inundações, concedendo o desenvolvimento urbano de forma harmônica e sustentável. (TUCCI,2015)

Segundo Cardoso Neto (2014), a drenagem urbana não é apenas uma questão técnica de engenharia, visto que envolve colaboração e conscientização da sociedade como um todo, a qual sofrerá fortes consequências na falta de um sistema de drenagem bem elaborado, envolvendo outras áreas, tais como arquitetura, planejamento, assintética social, entre outros.

Conforme Andrade (2004), as enchentes podem ser suprimidas de duas formas, uma que atue na diminuição da ocorrência (medidas estruturais) e outra que encontre a redução das perdas (não estruturais). As medidas não estruturais, normalmente apresentam custos menores quando comparadas com as estruturais.

Enfatiza Tucci (2015), que as medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não estruturais. A solução ideal deve ser definida para cada caso em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos

sociais de seu impacto. Certamente, para cada situação, medidas estruturais e não estruturais podem ser definidas para uma melhor solução. De qualquer forma, o processo de controle se inicia pela regulamentação do uso do solo urbano através de um plano diretor que contemple as enchentes.

As medidas de controle de inundação do plano diretor de drenagem urbana são consideradas como estruturais e não estruturais. As medidas estruturais são determinadas como aquelas cujo é necessária uma obra de engenharia como por exemplo a ampliação, modificação e ajuste de canais. (PREFEITURA DE CURITIBA, 2012).

Martins (2012) listou medidas estruturais e não estruturais para o gerenciamento de drenagem urbana (Quadro 1).

Quadro 1 - Medidas para gestão de drenagem urbana

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Ampliação, modificação, retificação, revestimento, canalização dos cursos d'água naturais ou execução de galerias.	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos, margens e entorno de lagos e rios.
Armazenamento ou desvio das águas a montante da região sujeita a inundações	Controle do uso do solo fora da área de inundação
Diques, muros e floodwalls	Securitização da área de risco de inundação
Alterações em pontes e travessias	Estruturas a prova de inundação e restrições de aproveitamento
Bacias de retenção, detenção e amortecimento	Sistema de Previsão, antecipação e alerta
Bacias de sedimentação, retenção de detritos e lixo	Tratamento das populações em encostas e áreas baixas
Wetlands e áreas de depuração in situ	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem
Parques lineares	Programa de ação emergencial
Repermeabilização e permeabilização artificial do solo	Manual de Drenagem e de gestão da drenagem
Relocação e demolição de estruturas	Educação Ambiental
Detenção em lotes, quadras, empreendimentos, jardins de chuva, telhado verde...	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado

Fonte: Adaptado de MARTINS, 2012; RIGHETTO, 2009 e DAEE, 2010.

Na literatura, são retratados dispositivos alternativos para o controle de cheias urbanas, tais como o uso de pavimentos porosos, a captação de água em telhados, a implantação de pequenos tanques residenciais e poços subterrâneos, que geram a redução distribuída do efeito da urbanização (TUCCI, 1995).

A drenagem urbana tem seu sistema definido: na fonte, microdrenagem e macrodrenagem.

De acordo com Canholi (2005), a drenagem urbana na fonte dispõe de pequenas dimensões e são posicionados próximos aos locais onde os escoamentos são formados, assim se tem um melhor proveito do sistema de condução do fluxo a jusante.

O principal papel do sistema de Microdrenagem é coletar e deslocar a água pluvial até o sistema de macrodrenagem, além de retirar a água pluvial dos pavimentos das vias públicas, conter alagamentos, oferecer segurança aos pedestres e motoristas e impedir ou reduzir danos. (KAMURA et al. 2015).

Para Miguez et al. (2016) a microdrenagem urbana é determinada por uma série de condutos em nível de loteamento ou rede primária urbana, construindo localmente para captação distribuída dos escoamentos superficiais realizados pelas áreas urbanizadas, sendo destinado a conduzir e receber as águas das chuvas vindas de construções, lotes, ruas, praças, etc. O percurso da rede de microdrenagem é essencialmente definido pelo delineamento das ruas e composto pelos pavimentos, sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões.

Já a macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Ela engloba áreas superiores a 4 km² ou 400 ha, sendo que esses valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode apresentar as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acondicionar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (MANUAL DE DRENAGEM URBANA, 2002).

A macrodrenagem corresponde à rede de maior porte, que recebe águas já concentradas. Os primeiros componentes da rede de macrodrenagem se refere ao próprio percurso de drenagem natural, formados por rios e córregos, encontrados nos talwegues dos vales. Via de regra, a rede de macrodrenagem, no contexto da drenagem urbana, alcança obras que modificam e complementam os caminhos

naturais, tais como canalizações, galerias de maior dimensão, barragens diques, entre outras possíveis estruturas. (MIGUEZ, 2016)

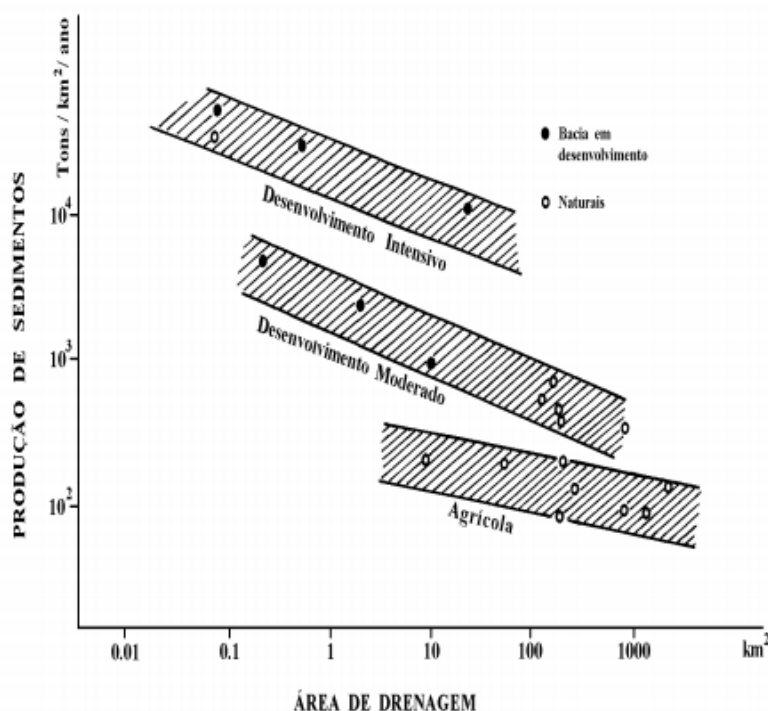
4.3 Impactos da Drenagem Urbana

Segundo Bellé (2011) as águas pluviais podem gerar impactos sobre a população quando ocorrem inundações em áreas residenciais, comerciais e industriais, danificando a infraestrutura de estradas e pontes, contribuindo para o deslizamento de encostas, causando perdas e impedindo o deslocamento das pessoas. Isto acontece quando a população ocupa áreas ribeirinhas por falta de planejamento quanto ao uso do solo, estas inundações ocorrem quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, chegando ao leito maior.

Para Porto (2007) a urbanização de grandes centros urbanos impactou negativamente o sistema de drenagem, sendo a impermeabilização do espaço e aceleração do escoamento por meio de condutos as principais causas.

Os outros impactos, tão importantes quanto a parte quantitativa das enchentes, são aqueles devido ao aumento da produção de sedimentos e à degradação da qualidade da água drenada pelos esgotos pluviais e também contaminação dos aquíferos. Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Na Figura 2, pode ser observada a produção de sedimentos de uma bacia natural, em desenvolvimento e desenvolvida. (TUCCI, 2015)

Figura 2 - Relação entre área de drenagem, produção de sedimentos e atividade de construção.



FONTE: (Wolman et al., 1967)

4.4 Modelo de Dimensionamento de Drenagem Urbana

Neste tópico são descritos modelos para a obtenção das precipitações a serem utilizadas para o dimensionamento das redes pluviais de drenagem.

Segundo o Manual de Drenagem Urbana (2002), as precipitações podem ser constantes ou variadas ao longo de sua duração. Os projetos de redes pluviais de microdrenagem, em geral é obtida pelo Método Racional que será utilizada no estudo em questão.

A aplicação do Método Racional é utilizada para bacias urbanas ou rurais pequenas com áreas de até 500 ha e pode ser aplicado com segurança até 50 ha ou 100 acres (WILKEN, 1978). Entretanto há outros autores que consideram o limite de área para aplicação deste método de 2km² (TUCCI, 2004) e até 3km² ou 300 ha como (FESTI, 2005). Para áreas superiores a 2km² recomenda-se para estimativa de vazão, a utilização de outros métodos.

Souza (2011), diz que bacias de drenagem com área superior a 1,0 km² justifica-se uma análise mais precisa, pois com cálculos mais simplificados poderá acarretar obras super ou subdimensionadas do ponto de vista hidráulico. Recomenda-

se que para obras de drenagem de áreas de contribuição superiores a 100 hectares seja utilizado o Hidrograma Unitário Sintético, desde que a elaboração do mesmo seja baseada em dados obtidos através de análises da área em estudo.

Já a Análise Estatística é recomendada para cursos de águas de maior porte, onde a área de contribuição seja superior a 20 km², servindo essencialmente para previsão dos volumes de cheias.

4.5 Escoamento Superficial

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar uma calha definida. Em bacias urbanas, o escoamento é conduzido pela influência do homem por meio de superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais. (TUCCI, 2001)

Para Sartori; Lombardi Neto e Genovez (2005), o escoamento superficial é uma das fases do ciclo hidrológico e sua quantificação que depende de fatores como: topografia, regime, distribuição e intensidade das chuvas, tipo e cobertura do solo. Seu estudo é muito importante para o dimensionamento de obras de engenharia e manejo agrícola.

4.6 Trabalhos relacionados ao método racional

O trabalho de pesquisa que Franco (2014) desenvolveu é uma proposta para determinação da chuva crítica para o dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais, baseada no método racional. No desenvolvimento do método proposto, foram discutidas as bases teóricas do método racional, avaliando-se a extensão de suas simplificações e os limites de sua aplicabilidade, no caso de bacias hidrográficas urbanas. Discute-se também, vários métodos propostos para determinação do tempo de concentração, do coeficiente de escoamento superficial e da relação intensidade, duração e frequência das precipitações da Região Metropolitana de Curitiba.

Ele concluiu que, no caso de bacias urbanas, o método proposto, apesar de simples, oferece resultados razoavelmente precisos.

Lanuti (2018) empregou em seu trabalho a avaliação da rede de drenagem do município de Luiziana, utilizando o método racional, através de uma simulação de

projeto de um trecho da área central da cidade. Verificou-se que a tubulação implantada, de 600 mm, atribuindo a existência de três emissários locais, não está adequada quanto à vazão que ela recebe, podendo ocorrer extravasamento em algumas partes da rede, afogamento dos tubos e erosões no solo com o descarte incorreto das águas pluviais.

Seibt et al. (2012) fizeram uma análise comparativa de duas metodologias, método racional e tempo-área, para a determinação das vazões de projeto em bacias. O estudo desenvolveu-se sobre três bacias do município de Goiânia – GO com diferentes valores de área de drenagem. Com os dados da caracterização física da bacia, foi empregado um método de simulação que permitiu a obtenção das chuvas de projeto para diferentes tempos de retorno para as seções exutórias.

Os valores encontrados para o método racional praticamente não variaram para as bacias em questão, pode-se dizer que a diferença foi insignificante. Tal estudo demonstra que o método racional, tende a superestimar as vazões de projeto e não devem ser utilizados para bacias superiores a 1 km² por não considerar a translação na bacia nem a forma da mesma.

Cabral, 2020 analisou as condições do sistema de drenagem urbana no encontro da Avenida João Bento e da Rua Miguel Luís Pereira utilizando o método racional, no município de Campo Mourão, Paraná, a fim de selecionar possíveis soluções e adequações, caso necessário. Constatou-se divergências ao longo da galeria, sendo necessário alterações de diâmetro, entre outras providências.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

5.1 Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho se refere a um cruzamento entre a Rua São Paulo e a Perimetral Tancredo de Almeida Neves, localizada na cidade de Campo Mourão- PR. O município de Campo Mourão está localizado na região Centro-Ocidental do estado do Paraná nas coordenadas 24°03'78.24"S e 52° 38'69.99"O. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019), o município possui área total de 749,637 km² e estimativa de 94.859 habitantes.

A

B

Figura 3 - Localização de Campo Mourão no estado do Paraná (A) ; Localização da área de estudo (B).



FONTE: IBGE / Google Maps (2019)

5.2 Levantamento de dados

Foram realizadas visitas à Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão para obtenção de dados referente a região, como mapas da rede de drenagem urbana, memoriais de cálculo das galerias e informações pertinentes, e visitas *in loco* ao cruzamento de análise inclusive em períodos de chuva para analisar a drenagem do mesmo. Verificou também nas visitas as características físicas do

local, localização e dimensão das bocas de lobo, dos poços de visita e a característica das áreas de contribuição a fim de obter um coeficiente de *runoff* adequado.

5.3 Utilização do método racional

O método racional é, certamente, o mais utilizado na prática para a determinação de vazões de pico em pequenas bacias, como por exemplo, no caso do dimensionamento de galerias pluviais e de bueiros. (PINTO et al., 1975)

O método racional possibilita a determinação da vazão máxima de escoamento superficial a partir de dados de chuvas para pequenas bacias hidrográficas, com área de, no máximo, 5 km². Considera-se no método, como princípio básico, que a vazão máxima provocada por uma chuva de intensidade uniforme, ocorra quando toda a bacia contribui simultaneamente com o escoamento na seção de desague. (ZANETTI, 2007)

Segundo Tomaz (2002), este método estabelece uma relação direta entre a chuva e o escoamento superficial e tem como objetivo estimar a vazão de pico, ou vazão máxima, de uma dada bacia.

Para o cálculo das vazões necessárias foi aplicado o Método Racional. Para aplicação desse método é de grande importância a determinação de alguns fatores. Sua fórmula é apresentada a seguir:

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

sendo:

Q = vazão de pico da bacia (m³/s);

C = Coeficiente de *runoff*;

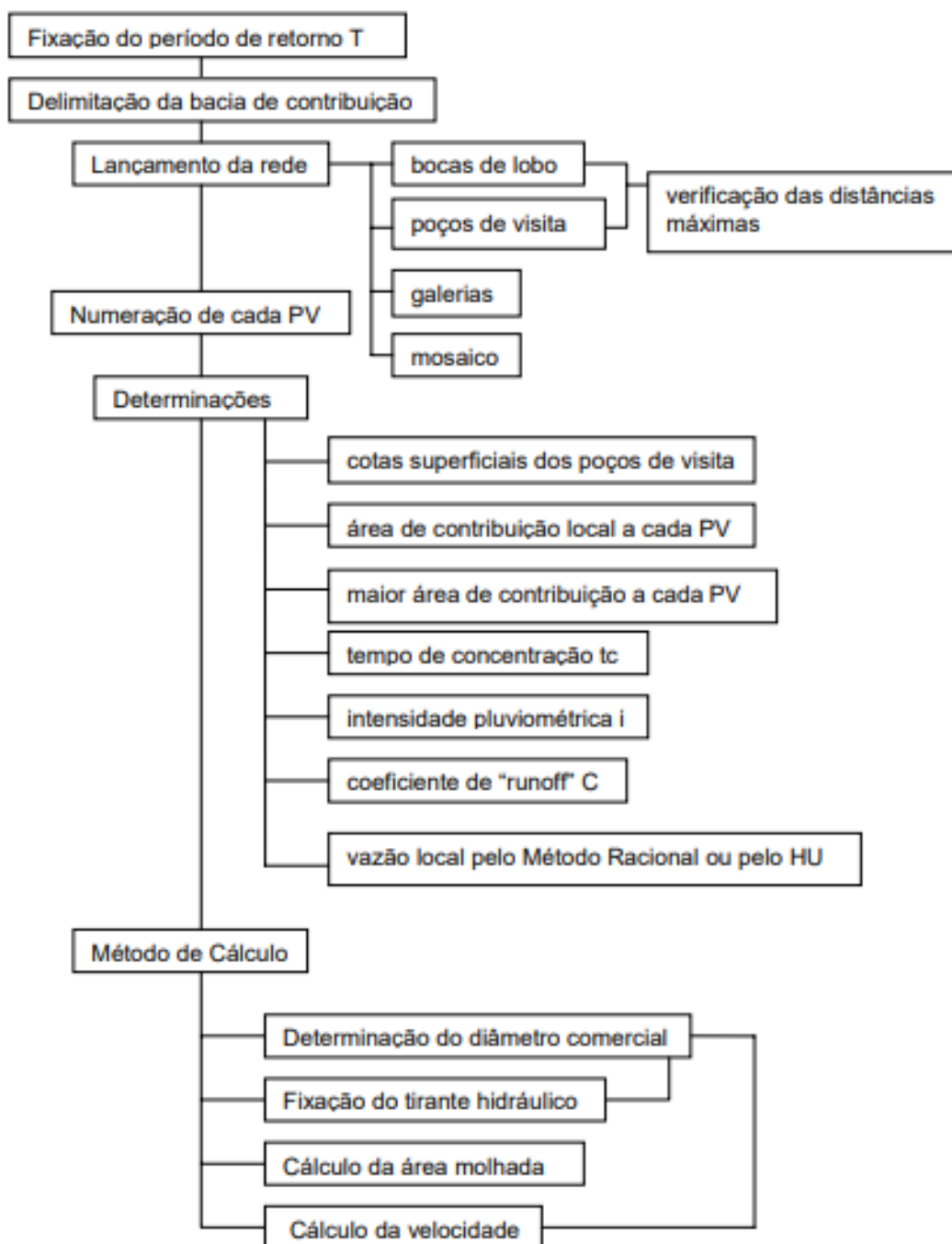
i = Intensidade média da chuva (mm/h); e

A = Área da bacia em análise (ha).

5.4 Etapas para o dimensionamento

Segundo a Recesa (2007), as etapas, ilustradas na Figura 4 e conceitos necessários para o dimensionamento das galerias de águas pluviais são descritos abaixo.

Figura 4 - Fluxograma com as etapas de dimensionamento de galerias de águas pluviais.



Fonte: Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana Guia do profissional em treinamento - Recesa, 2007.

5.4.1 Delimitar as áreas de influência

A partir da análise das curvas de níveis para identificar o sentido de escoamento da água, começamos a traçar as Áreas de Influência ou Bacias de Contribuição.

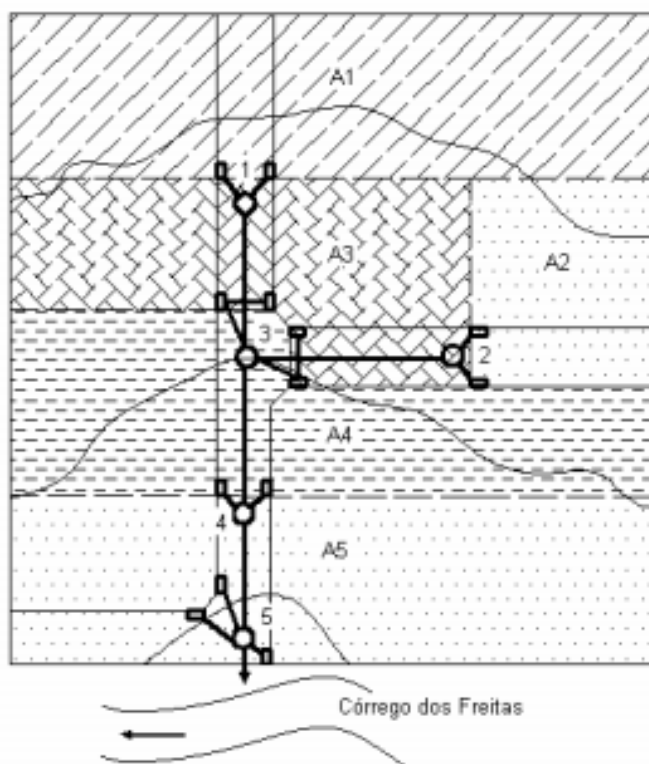
5.4.2 Distribuição de Bocas de Lobo e Poços de Visita

Após a delimitação das Áreas de Influência, foi distribuído as Bocas de Lobos e Poços de visita utilizando a planta de galerias pluviais de Campo Mourão.

5.4.3 Mosaico

Após o lançamento dos poços de visita e bocas de lobo, inicia-se a delimitação da bacia de contribuição para cada poço de visita, formando um mosaico de áreas de influência, conforme a figura 5.

Figura 5 - Áreas de influência compondo o mosaico.



Fonte: Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana Guia do profissional em treinamento - Recesa, 2007.

5.4.4 Definir o Coeficiente de *Runoff*

De acordo com Tomaz (2007), o coeficiente de *runoff* também conhecido como coeficiente de escoamento superficial representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado variando conforme a superfície.

A Tabela 1 apresenta os valores de Coeficiente de *runoff* conforme as características da superfície que pertence à bacia.

Tabela 1 - Valores de Coeficiente de *Runoff*

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978)

Havendo a caracterização de mais do que um tipo de solo e uso, o valor de “C” adotado será o resultado de uma ponderação.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + \dots + C_i \cdot A_i}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i} \quad (2)$$

sendo:

$C_1, C_2, C_3 \dots C_i$ = Coeficientes de escoamento superficial para as respectivas áreas $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i$;

$A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i$ = Áreas que possuem coeficientes $C_1, C_2, C_3 \dots C_i$;

C = Coeficiente de *Runoff*.

5.4.5 Tempo de concentração

É o tempo que uma gota de chuva demora a percorrer do ponto mais distante até um determinado PV.

Segundo Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007), para os Poços de visita iniciais aceita-se um tempo de concentração de 5 minutos, enquanto os demais poços de visita os tempos de concentração adequados são obtidos acrescentando o tempo de trajeto de cada trecho.

5.4.6 Intensidade Pluviométrica

Conforme Lorenzoni et al. (2014), é importante conhecer as características das chuvas intensas para realizar o dimensionamento de obras hidráulicas, podendo assim prever a intensidade máxima da chuva a partir de uma equação específica para cada região.

A chuva de projeto foi obtida através da curva IDF (intensidade, duração e frequência) de Arantes et al. (2009) para o município de Campo Mourão - PR, determinando a intensidade média máxima do evento de precipitação em função do tempo de retorno. A equação é dada pela Equação 3.

$$i = \frac{901,51 \cdot T^{0,1803}}{(t+11)^{0,7508}} \quad (3)$$

onde:

i= intensidade média de precipitação (mm. h⁻¹);

T= Tempo de retorno (anos);

t= Duração da chuva (minutos).

O tempo de retorno utilizado neste trabalho foi de 5 anos conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Período de retorno T

T (ano)	Tipo de ocupação	Tipo de obra
2	Residencial	Microdrenagem
5	Comercial	
5	Áreas com edifícios públicos	
2 - 5	Aeroportos	
5 - 10	Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	
50- 100	Áreas comerciais e residenciais	Macro-drenagem
500	Áreas de importância específica	

Fontes: DAEE/CETESB (1980) e Porto et al.(2007).

5.4.7 Cálculo da vazão superficial local (Q_{loc})

Seu cálculo é realizado por meio da Equação Racional (Equação 4)

$$Q_{loc} = C \cdot i \cdot A \quad (4)$$

onde:

Q_{loc} = vazão superficial local (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade da chuva (m/s);

A = área da bacia contribuinte local (m²).

5.4.8 Vazão total

É o somatório de vazões que chegam ao poço de visita através das galerias. Esse valor que é utilizado para a dimensão das galerias a jusante.

5.4.9 Diâmetro da tubulação

A rede foi dimensionada utilizando os diâmetros apresentados na planta de galerias pluviais de Campo Mourão apresentadas no anexo A.

5.4.10 Declividade do terreno no trecho (St)

Representa a razão entre a diferença das cotas de montante e jusante, nas tampas dos PV's, e a extensão do trecho, conforme Equação 5.

$$St = \frac{cm - cj}{L} \quad (5)$$

onde:

St = declividade do terreno no trecho;

cm = cota do terreno no PV a montante (m);

cj = cota do terreno no PV a jusante (m);

L = extensão da galeria (m).

5.4.11 Cotas inferiores da galeria

São as cotas relativas a parte inferior de onde saem as tubulações no poço de visita. Podem ser obtidas nas Equações 6, 7 e 8 respectivamente.

$$Cim = cm - (rm + D) \quad (6)$$

$$Cij = Cim - (Sg * L) \quad (7)$$

$$Sg = (Cim - Cij) / L \quad (8)$$

onde:

Cim é a cota inferior da galeria a montante em metros;

cm a cota inferior do poço de visita a montante em metros;

rm o recobrimento mínimo em metros;

D o diâmetro em metros;

Cij a cota inferior da respectiva galeria a jusante em metros;

Cim a cota inferior da galeria a montante em metros;

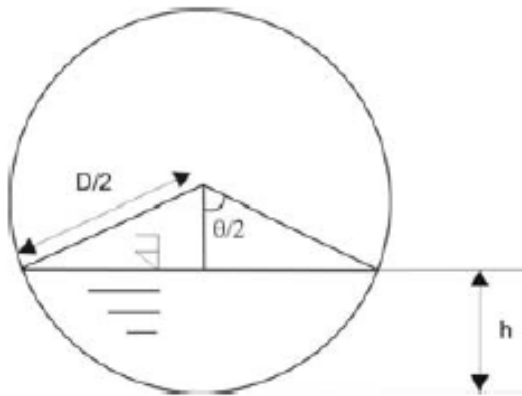
L o comprimento do trecho em metros;

Sg a declividade da galeria, dada em metro a cada metro.

5.4.12 Constante K

A Constante K pode ser obtida através do ângulo central, ou através de equações que levam em conta a vazão, coeficiente de Manning, diâmetro e declividade, como mostra a Figura 6 e as Equações 9 e 10:

Figura 6 - Características geométricas do conduto livre de seção circular



Fonte: Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana Guia do profissional em treinamento - Recesa, 2007.

$$K = 0,0496062 * \theta^{-\frac{2}{3}} * (\theta - \text{sen}\theta)^{\frac{5}{3}} \quad (9)$$

$$K = Q * n * D^{-\frac{8}{3}} * Sg^{-\frac{1}{2}} \quad (10)$$

onde:

θ é o ângulo central (rad);

Q é a vazão total ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

n é o coeficiente de Manning ($\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$), que varia de acordo com o material da tubulação;

D é o diâmetro(m);

Sg a declividade ($\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$).

5.4.13 Ângulo Central da Superfície Livre (θ):

De acordo com Menezes Filho (2007), emprega-se a Equação 11.

$$\theta = 5915,8 * k^5 - 5201,2 * k^4 + 1786,6 * k^3 - 298,89 k^2 + 32,113 * k + 1,1487 \quad (11)$$

sendo:

θ = Ângulo central (radianos);

K = Constante.

5.4.14 Relação altura-diâmetro (h/D)

Conhecendo o ângulo central da superfície livre “ θ ”, pode-se conseguir a relação altura da lâmina d’água-diâmetro ‘h/D’ pela Equação 12.

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} [1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)] \quad (12)$$

onde:

h = Profundidade do escoamento (m);

D = Diâmetro (m);

θ = Ângulo central (radianos).

5.4.15 Área molhada (A_m)

Com o ângulo central da superfície, gera a área molhada, conforme Equação 13.

$$A_m = D^2 * \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{8} \quad (13)$$

sendo:

A_m = Área molhada (m²);

D = Diâmetro (m);

θ = Ângulo central (radianos).

5.4.16 Velocidade de escoamento

É a razão entre a vazão total, no caso a vazão local somada com as vazões afluentes, e a área molhada, conforme Equação 14.

$$V = \frac{Q}{Am} \quad (14)$$

onde:

V = Velocidade (m.s⁻¹);

Q = Vazão (m³.s⁻¹);

Am = Área molhada (m²).

5.4.17 Tempo de Percurso (tp)

É a razão entre a extensão e a velocidade do escoamento na galeria, conforme Equação 15.

$$tp = \frac{L}{V*60} \quad (15)$$

onde:

Tp = tempo de percurso (min);

L = extensão da galeria (m);

V = velocidade do escoamento (m/s);

5.5 Comparação dos resultados

Foram analisados os dados do sistema de drenagem, e também foi feita uma comparação com os valores encontrados a partir dos cálculos e com a rede executada *in loco*, em seguida, avaliando as condições existentes com os valores encontrados em cálculos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Visita ao local e análise documental

Foi fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão o Mapa de Galerias de Águas Pluviais (2015) que se encontra no Anexo A.

Para análise do estudo foram realizadas 5 visitas *in loco* no cruzamento da Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a rua São Paulo em Campo Mourão - PR, identificando na Figura 7, em dias alternados.

Verificou que a declividade do terreno no início do cruzamento até o final do trecho foi de aproximadamente 9%.

Figura 7 - Local de estudo.



Fonte: Google Earth Pro, 2020.

Verificou que o trecho possui 10 bocas de lobo com dimensões de (70x50) cm e 5 poços de visita. As características das áreas de contribuições do local são predominantemente comerciais de edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.

Para a delimitação das áreas de influência da bacia de drenagem e também para os valores de altitude, foram utilizadas informações fornecidas pelo software *Google Earth Pro*.

6.2 Ponto crítico de alagamento da rede durante as precipitações médias na região.

Após visitas realizadas in loco, pôde-se observar a falta de bocas de lobo no cruzamento, onde mostram as setas destacadas na Figura 8 (P1 e P2), sendo assim, determinando o ponto crítico onde provoca um acúmulo de água e não havendo local para onde escoar-la.

Deste modo, na Figura 9 podemos constatar a real situação que se encontra o local de estudo nos períodos de chuva.

Figura 8 - Ponto crítico de alagamento



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Figura 9 - Ponto crítico de alagamento



Fonte: Autoria Própria (2020).

Além da análise *in loco* no início do cruzamento, também foi constatado algumas divergências no final do trecho. Como mostram as Figuras 10 e 11.

Verificou que o poço de visita 5 encontra-se danificado com sinais de abandono e matéria orgânica ao redor, com sinais que ocorreu acúmulo de água em algum momento soterrando as bocas de lobo ali existentes e a partir da metade do trecho aproximadamente não é asfaltado, assim com altas precipitações ocorrendo o colapso do terreno.

Nota-se também que não há sinal de manutenção ou acompanhamento técnico, assim ocasionando transbordamentos e enchentes.

Figura 10 – Poço de visita 5 colapsado.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Figura 11 - Poço de visita 5.



Fonte: Autoria Própria (2020).

6.3 Área do escoamento superficial que contribui para o ponto crítico de alagamento e a vazão solicitante;

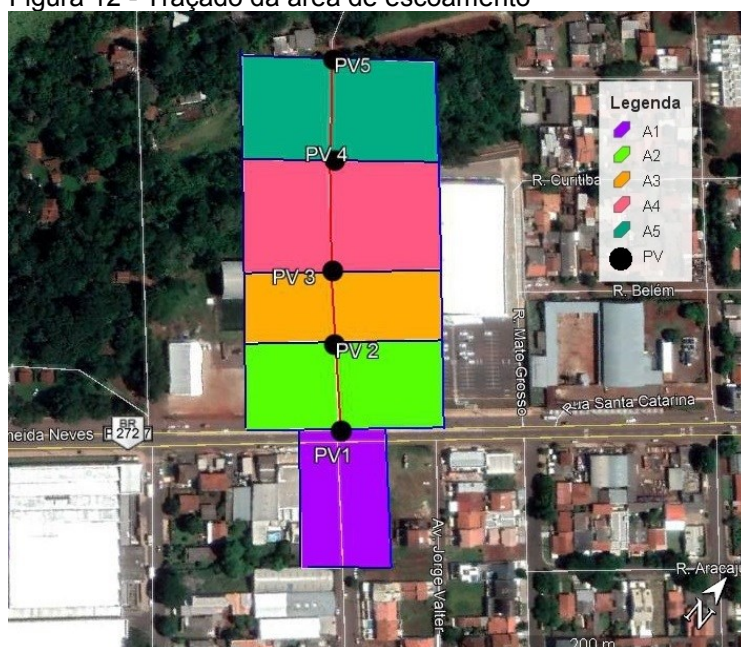
Com o auxílio do Software *Google Earth Pro*, foi traçado a área do escoamento superficial que contribui para o ponto crítico totalizando uma área de 35690 m². Na Tabela 3 e Figura 12 consecutivamente, podemos observar os valores de cada área e como foi feito o traçado.

Tabela 3 – Valores da área de escoamento superficial e extensão do trecho

Trecho	Extensão (m)	Área (m ²)
1	2	56,00
2	3	47,00
3	4	72,00
4	5	67,00
5	FIM	38,00

Fonte: Autoria Própria (2020).

Figura 12 - Traçado da área de escoamento



Fonte: Google Earth Pro (2020).

Assim, utilizando a Equação 4, obtemos a vazão solicitante de 1,95 m³/s

6.4 Dimensionamento da tubulação através do Método Racional

A partir da análise da característica do tipo de solo na região, foi determinado o coeficiente de runoff de 0,65.

Conforme recomendado por Costa, Siqueira, Menezes Filho (2007), para o PV inicial, foi considerado um tempo de concentração de 5 minutos e tempo de retorno de 5 anos. Assim tem-se a intensidade média de precipitação inicial de 150,29 mm/h utilizando a Equação 3.

A tubulação implantada neste local de estudo tem seu diâmetro de 400 mm.

A Tabela 4, mostra de forma simplificada, os resultados obtidos com esses valores, podendo ser encontrada completa no Apêndice A. Os resultados destacados obtidos na Tabela 4 estão além dos limites recomendados para maior eficiência do projeto, os quais estabelecem $0,10 \leq h/D \leq 0,85$ e $0,75 \text{ m/s} \leq V \leq 5,00 \text{ m/s}$.

Tabela 4 - Resultados obtidos com diâmetros de acordo com Mapa da Galerias Pluviais.

Trecho	D (mm)	h/D	V (m/s)
1 2	400	0,432	2,57
2 3	400	0,687	1,23
3 4	400	0,972	0,08
4 5	400	0,293	0,02
5 FIM	400	0,022	0,14

Fonte: Autoria Própria (2020).

Os resultados em evidência mostram velocidades de escoamento muito abaixo do recomendado, o que pode significar ineficiência da galeria na região.

Sendo assim, a Tabela 5, de forma simplificada, foi obtida aumentando os valores de diâmetro a fim de obter valores de h/D e de velocidade de escoamento dentro dos intervalos de maior eficiência.

Tabela 5 - Resultados obtidos a partir de novos diâmetros.

Trecho	D (mm)	h/D	V (m/s)
1 2	400	0,432	2,57
2 3	400	0,687	1,23
3 4	500	0,614	2,24
4 5	700	0,667	3,22
5 FIM	700	0,639	4,39

Fonte: Autoria Própria (2020).

Comparando as duas tabelas anteriores, podemos observar a diferença entre os valores obtidos com o Mapa de Galeria Pluviais (2015), aumentando em 25% o diâmetro do trecho 3-4 e em quase 75% o diâmetro da tubulação dos trechos 4-5 e 5-FIM.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após levantamento de campo da rede existente no cruzamento da Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a rua São Paulo observou no local problemas de água parada em alguns pontos após períodos de chuva, bocas de lobo soterrada e poço de visita colapsado.

Verificou após análise da área que o coeficiente de runoff do local é de 0,65, e que a vazão no trecho corresponde 1,95 m³/s.

O cálculo da tubulação através do método racional de cálculo mostrou que do trecho correspondente ao poço de visita 3-4 o diâmetro necessário seria de 500 mm e não de 400 mm como está no local, e do poço de visita 4 ao fim da rede deveria ser de 700 mm.

Portanto, parte das tubulações propostas pelo Mapa de Galerias (2015) – Anexo A, possui um diâmetro menor do que o necessário de acordo com os cálculos.

Além de aumentar o diâmetro da tubulação, recomenda-se outras soluções para diminuir o problema em questão, nas quais, seria a construção de bocas de lobo no cruzamento, uso de asfalto permeável, calçamento para proteção dos poços de visita de uma das laterais da pista para evitar o soterramento.

Assim, é possível melhorar a qualidade da rede, prevenir acidentes em dias de chuvas e reduzir impactos ambientais que afetam diretamente a qualidade de vida da população local.

Para os trabalhos futuros é sugerido o dimensionamento das bocas de lobo do cruzamento, para verificar se o padrão utilizado atende à necessidade local.

8 REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. P. M. **Medidas não Estruturais**. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.

BASSO, Leandra; WEIXTER, Caroline Almeida; SILVA, Bruno Motta da; ALMEIDA, Fernanda Carolina de. GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA. **Um Desafio Multidisciplinar e Multissetorial**, Três Lagoas, MS, v. 15, ed. 1, 2018.

BELLÉ, J. P. **Avaliação da Eficácia do Sistema de Drenagem Urbana: Estudo de caso Ijuí – RS**, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

CABRAL, LEILA L. **Avaliação da drenagem urbana na região do encontro da avenida João Bento e da rua Miguel Luís Pereira, cidade de Campo Mourão, Paraná**. 2020. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2020.

CANHOLI, A, P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

CARDOSO NETO, A. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. Apostila, Laboratório de Drenagem do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

COSTA, Alfredo Ribeiro da; SIQUEIRA, Eduardo Queija de; MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins de. **Águas pluviais**. Brasília, DF: Núcleo Regional CentroOeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. 2007.

FESTI, A. V. **Equações de chuva brasileira**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais, João Pessoa, Paraíba, 20p, 2005.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

MENEZES FILHO, F. C. M. – **Sistematização Para Projeto De Galeria De Águas Pluviais** - 2007 - Goiânia.

GUILHERME, E.; **DRENAGEM URBANA: Estudo de caso do loteamento do bairro Treviso – Varginha/MG**, 2015 Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Sul de Minas.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/campo-mourao/panorama> > Acesso em: 04 nov. 2019.

KAMURA, D T; OSHIRO, R. A. **Microdrenagem nas grandes cidades: problemas e soluções**. Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo, 2015.

LANUTI, Y. V. R. **Avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana – PR**. 2018. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

MARTINS, J.R.S. **Obras de Macrodrenagem**. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.168-240.

MIGUEZ, Marcelo Gomez *et al.* **Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à suatentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Elsevier, 2016. 366 p. v. 1.

PINTO, N. L. S. **Hidráulica Aplicada**. Curitiba: CEHPAR, et al.. Vazão de dimensionamento de bueiros, Rio de Janeiro: IPR, Publ. 478, 1975, 56p.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. **Drenagem Urbana**. In: TUCCI, C. E.(org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**.4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Plano diretor de drenagem urbana de Curitiba**. Vol. 2. 2012. Disponível em: < <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2017/00211750.pdf>>. Acesso em: out. 2019.

SARTORI, Anderson; LOMBARDI NETO, Francisco; GENOVEZ, Abel Maia. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Campinas, v. 10, n. 4, p.1-14, 09 ago. 2005.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Bacia Hidrográfica** - Disponível em: < <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=641&evento=7>> Acesso 27 de setembro de 2019.

SEIBT, A.C.; BARBOSA, D.I.; SALGADO, A. A.; FORMIGA, K.T.M. **Comparação das vazões de projeto pelo método racional e método tempo área para bacias urbanas do município de Goiânia – GO**. REEC –Revista Eletrônica De Engenharia Civil - Volume4 - nº2 (2012).

SOUZA, P C. **Notas de aula Drenagem Urbana**, 2011. 68 Slides.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. 6º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Belo Horizonte, MG 2007.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio Urbano**. Instituto de pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 2001.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. et al **Avaliação e controle da drenagem urbana** – Porto Alegre: Ed. ABRH, 2001.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**, Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 2005.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978. 477p.

WOLMAN, M. GORDON; SCHICK, ASHER P.; 1967. **Efeitos da construção e sedimentos, áreas urbanas e suburbanas de Maryland**. Pesquisa de Recursos Hídricos. V3, n 2, p451-464.

ZANETTI, Sidney. **Modelagem Hidrológica em Microbacia Hidrográfica**. Tese de doutorado - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007. f. 151.

Apêndice A - Resultados com diâmetros de acordo com Mapa de Galerias

Trecho	Extensão m	Área (m ²)		Tempo de concentração (tc) min	c	i mm/h	Ql m ³ /s	ΣQ m ³ /s	D mm	Cota do Pv (m)		Declividade do Terreno (St) m/m		Cota da Galeria (m)		Declividade da Galeria (Sg) m/m	Profundidade da galeria (m)		k	θ rad	h/D	Área Molhada (Am) m ²	Velocidade (V) m/s	Tempo de Percorso (Tp) min
		Trecho	Total							Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante	Jusante						
1	2	56,00	4914,00	5,00	0,65	150,294	0,133	0,133	400	566	566	0,0357	566,6	566,6	564,6	0,0357	1,4	1,4	0,1219	2,87	0,432	0,0520	2,57	0,36
2	3	47,00	7096,00	0,36	0,65	194,3160	0,422	0,555	400	564	564	0,0426	564,6	562,6	562,6	0,0426	1,4	1,4	0,4647	16,47	0,687	0,3433	1,23	0,64
3	4	72,00	5686,00	1,00	0,65	186,5116	0,596	1,152	400	564	559	0,0694	562,6	557,6	557,6	0,0694	1,4	1,4	0,7546	383,95	0,972	7,6665	0,08	15,43
4	5	67,00	9250,00	16,43	0,65	100,2792	0,488	1,640	400	552	552	0,1045	557,6	550,6	550,6	0,1045	1,4	1,4	0,8761	990,46	0,393	19,8242	0,02	45,34
5	FIM	38,00	8744,00	61,76	0,65	49,20216	0,311	1,951	400	552	541	0,2895	550,6	539,6	539,6	0,2895	1,4	1,4	0,6261	112,51	0,022	2,2613	0,14	4,61

Apêndice B - Resultados obtidos a partir de novos diâmetros

Trecho	Extensão		Área (m²)		Tempo de concentração (tc)		c	i	QI	ΣQ	D	Cota do Pv (m)		Declividade do Terreno (St)	Cota da Galeria (m)		Declividade da Galeria (Sg)	Profundidade da galeria (m)		k	θ	h/D	Área Molhada (Am)	Velocidade (V)	Tempo de Percorso (Tp)			
	m		Trecho	Total	min							Montante	Jusante		Montante	Jusante		min										
1	2																											
1	2	56,00	4914,00	4914,00	5,00		0,65	150,294	0,133	0,133	400	588	566	0,0357	586,6	564,6	0,0357	1,4	1,4	0,1219	2,87	0,432	0,0520	2,57			0,36	
2	3	47,00	7096,00	12010,00	0,36		0,65	194,3168	0,422	0,555	400	566	564	0,0426	584,6	562,6	0,0426	1,4	1,4	0,4647	16,47	0,687	0,3433	1,23			0,64	
3	4	72,00	5686,00	17696,00	1,00		0,65	186,5116	0,596	1,152	500	564	559	0,0694	582,6	557,5	0,0708	1,4	1,5	0,4121	8,96	0,614	0,2662	2,24			0,54	
4	5	67,00	9230,00	26946,00	1,54		0,65	180,497	0,879	2,030	700	559	552	0,1045	557,5	550,5	0,1045	1,5	1,5	0,2439	3,82	0,667	0,2727	3,22			0,35	
5	FIM	38,00	8744,00	35690,00	1,88		0,65	176,8396	1,140	3,171	700	552	541	0,2895	550,4	539,4	0,2895	1,6	1,6	0,2288	3,70	0,639	0,2596	4,39			0,14	

Anexo A – Mapa de Galerias Pluviais de Campo Mourão – 2015

