

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CLEYZE DE LIMA LOCH

**ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DOS BAIROS
SHANGRILÁ I E SHANGRILÁ II NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO, PARANÁ**

CAMPO MOURÃO

2021

CLEYZE DE LIMA LOCH

**ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DOS BAIROS
SHANGRILÁ I E SHANGRILÁ II NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO, PARANÁ**

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.

Orientadora: Prof. Dra. Paula Cristina de Souza.

CAMPO MOURÃO

2021



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 DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DOS BAIROS SHANGRILÁ I E
SHANGRILÁ II NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO, PARANÁ**

por

Cleyze de Lima Loch

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 08h00min do dia 07 de Maio de 2021 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. Me. Paulo Henrique Rodrigues
(UTFPR)

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer
(UTFPR)

Prof^a. 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 assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do Município de Campo Mourão - Paraná.....	14
Figura 2 - Sistema de Microdrenagem Urbana.....	17
Figura 3 - Tipos de Bocas de Lobo	18
Figura 4 - Localização dos bairros na ZR2.....	26
Figura 5 - Localização da área de estudo	27
Figura 6 - Fluxograma demonstrativo das etapas do dimensionamento hidráulico...	28
Figura 7 - Mosaico de áreas de influência.....	29
Figura 8 - Delimitação das áreas de contribuição	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas	16
Quadro 2 - Parâmetros utilizados em canais e seções circulares de galerias de águas pluviais recomendados por diferentes autores	19
Quadro 3 - Valores de Coeficiente de Runoff (C) de acordo com o tipo de superfície	20
Quadro 4 - Valores do Coeficiente de Runoff (C) em função do tipo de ocupação ...	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição e extensão dos trechos	33
Tabela 2 - Área de contribuição de cada trecho.....	34
Tabela 3 - Intensidade pluviométrica e vazão de cada trecho	35
Tabela 4 - Resultados obtidos diâmetro real.....	36
Tabela 5 - Resultados obtidos diâmetro adotado	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SWMM	Storm Water Management Mode
ESD	Escoamento superficial direto
IDF	Intensidade, duração e frequência
V _{mín}	Velocidade mínima
V _{máx}	Velocidade máxima
t _{ci}	Tempo de concentração inicial
rm	Recobrimento mínimo
h/D	Relação lâmina d'água e diâmetro adotado
t _c	Tempo de concentração
t _p	Tempo de percurso
c	Coefficiente de Runoff
i _{max}	Intensidade máxima média de precipitação
T _R	Tempo de recorrência
t	Duração da precipitação
Q _{loc}	Vazão local
K	Constante calculada em função da vazão, coeficiente de Manning, diâmetro e declividade
Q	Vazão
n	Coefficiente de Manning
D	Diâmetro
S _g	Declividade
θ	Ângulo central

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, pela minha vida, e por ter me mantido sempre com fé durante essa caminhada.

Agradeço aos meus pais Celso e Eronilda que sempre foram meu alicerce, que acreditaram nas minhas escolhas, que nunca mediram esforços para que esse momento chegasse, e que mesmo a distância sempre se fizeram presentes.

Aos meus irmãos, Cledison e Cleviane e suas respectivas famílias, por serem minha inspiração e pelo apoio e incentivo durante todos os anos da graduação.

A Professora Paula, por todo auxílio, orientação e precisas pontuações que realizou no decorrer deste trabalho. E a todos os demais docentes que sempre estiveram dispostos a contribuir para um melhor aprendizado.

A todos os meus amigos pela amizade, companheirismo e por tornarem essa trajetória mais leve.

A todas as pessoas que de uma forma ou outra passaram pela minha vida e deixaram conselhos e ensinamentos, de forma especial aqueles partiram no decorrer do percurso, deixo aqui registrada minha gratidão.

RESUMO

Com o crescimento das cidades e o aumento da população, tornou-se extremamente necessário que o desenvolvimento da infraestrutura urbana seja proporcional a estes fatores. A drenagem urbana é fundamental no planejamento das cidades, pois quando estruturada de forma ineficiente pode gerar problemas com alagamentos e destruição de áreas construídas, impactando diretamente na qualidade de vida da população. Para o dimensionamento dos itens constituintes da rede de drenagem utiliza-se do método racional, o qual levando em conta as características do solo, intensidade de precipitações e áreas de contribuição de escoamento superficial apresenta o diâmetro adequado para que as tubulações sejam calculadas de maneira econômica e segura. Baseado nestas premissas e pautado em estudos científicos, o presente trabalho abordou, como objetivo, o estudo do sistema de drenagem dos bairros Jardim Shangrillá I e II no município de Campo Mourão, localizado na região Noroeste do Estado do Paraná. Através do mapa de galerias pluviais da cidade obteve-se os pontos de coleta de águas pluviais assim como os emissários. Por meio do método racional dimensionou-se a rede de drenagem podendo observar que em alguns trechos a velocidade de escoamento se encontra muito abaixo dos limites recomendados o que pode vir a gerar alagamentos, logo aconselha-se que a fim de evitar problemas futuros os diâmetros de alguns trechos das galerias sejam revistos e ampliados.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Método Racional; Galerias pluviais;

ABSTRACT

With the growth of the cities and the increase in population, it has become extremely necessary for the development of urban infrastructure to be proportional to these factors. Urban drainage is essential to the cities planning, because when structures inefficiently it can cause problems with flooding and destruction of built areas, directly impacting the population's quality of life. For the dimensioning of the items constituting the drainage network, the rational method is used, which taking into account the characteristics of the soil, intensity of precipitations and areas of contribution of surface runoff presents the suitable diameter so that the pipes are calculated in an economical and safe way. Based on these premises and guided by scientific studies, the present work addressed, as an objective, the study of the drainage system of the neighborhoods Jardim Shangrillá I e II in the municipality of Campo Mourão, located in the Northwest region of the State of Paraná. Through the map of the city's rain galleries, it was possible to obtain the rainwater collection points, as well as the emissaries. Through the rational method, the drainage network was dimensioned and it can be observed that in some sections the flow velocity is well below the recommended limits, which may generate flooding, so it is advisable that in order to avoid future problems, the diameters of some sections of the galleries be reviewed and expanded.

Keywords: Urban Drainage; Rational Method; Rain Galleries;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 JUSTIFICATIVA	13
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4.1 Caracterização da Região	14
4.2 Drenagem Urbana	14
4.1.1 Evolução da drenagem urbana	15
4.1.2 Drenagem urbana: Principais conceitos	17
4.3 Estudos na área de drenagem	24
5 METODOLOGIA DE PESQUISA	26
5.1 Área de Estudo	26
5.2 Levantamento de informações	27
5.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem	27
5.3.1 Combinação de dados	28
5.3.2 Área de contribuição	29
5.3.3 Tempo de Concentração	30
5.3.4 Intensidade pluviométrica, coeficiente de runoff e diâmetro	30
5.3.5 Cálculo da Vazão – Método Racional	30
5.3.6 Cotas da Galeria e profundidade da galeria	31
5.3.7 Demais parâmetros e verificações.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
8 REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE A – Resultados obtidos com o diâmetro real (mapa de galerias de Campo Mourão).....	44
APÊNDICE B – Resultados obtidos com novos diâmetros adotados.....	45
ANEXO A – Mapa de galerias de galerias de águas pluviais de Campo Mourão	46
ANEXO B – Mapa de galerias de galerias de águas pluviais de Campo Mourão Adaptado.....	47

1 INTRODUÇÃO

Problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais existem com frequência em várias cidades no Brasil, sendo refletidos em forma de impactos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade que está implantada no mesmo (BASSO et al., 2018). Muitos desses problemas são conseqüências da migração da população do campo para as cidades pois muitas delas não estavam preparadas o suficiente para um aumento significativo do crescimento urbano o que acabou gerando impactos na sua infraestrutura.

Quando uma área encontra-se em seu estado natural possui suas características típicas em relação ao solo, topografia, vegetação que são modeladas durante séculos por agentes como a chuva, o vento e o sol, nessas condições o escoamento superficial ocorre naturalmente se adaptando ao relevo.

No entanto, em uma área urbanizada a topografia natural normalmente é alterada e o solo torna-se em partes impermeável, impactando na capacidade de infiltração do solo e na velocidade de escoamento superficial da água. Para que esse impacto não gere problemas de drenagem os planos diretores dos municípios juntamente com leis de zoneamento e leis complementares regulamentam uma porcentagem de área permeável para cada unidade residencial, visando contribuir para a infiltração de água no solo, diminuindo assim parte do escoamento superficial.

Dessa forma o presente trabalho visa realizar um estudo do sistema de drenagem urbana nos bairros Shangrilá I e II identificando possíveis problemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo do sistema de drenagem urbana dos bairros Jardim Shangrilá I e Jardim Shangrilá II na cidade de Campo Mourão-Pr.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um levantamento da rede de drenagem urbana existente nos bairros Jardim Shangrilá I e Jardim Shangrilá II através do mapa de drenagem urbana de Campo Mourão.
- Calcular as áreas de escoamento superficial que contribuem para cada ponto da rede de drenagem e suas respectivas vazões solicitantes.
- Dimensionar as tubulações da rede de drenagem através do método racional e comparar com a rede existente.
- Apresentar análise e soluções para possíveis problemas no caso deste estudo.

3 JUSTIFICATIVA

A população brasileira ultrapassou os 190 milhões de habitantes, de acordo com o censo demográfico de 2010, destes 160 milhões (84,4%) residem na área urbana. Fazendo uma comparação com a década de 60, quando a população brasileira era de aproximadamente 70 milhões de habitantes, onde a maioria vivia em área rural (54,9%), nota-se um crescimento expressivo da população urbana brasileira (IBGE, 2011). Tal fator gera profundas modificações no meio ambiente, conseqüentemente acarretando no surgimento de problemas de drenagem urbana.

Com a urbanização e conseqüentemente com o aumento da superfície impermeável, ao passar do tempo geram alterações consideráveis no escoamento superficial da água da chuva das bacias hidrográficas (SHUSTER et al., 2005). Tais alterações geram um maior volume de água e modificam a velocidade de escoamento superficial afetando diretamente na frequência de alagamento das vias.

Os alagamentos geram diversos prejuízos a população: inúmeros prejuízos financeiros (perdas de móveis, pertences, casas danificadas, etc), prejuízos que não podem ser mensurados economicamente como perda de vida, além da proliferação de diversas doenças.

O trabalho tem sido desenvolvido devido a importância de se ter um sistema de drenagem eficiente (considerando uma urbanização completa), com capacidade de escoamento também de chuvas excepcionais. Portanto, este trabalho visa realizar um estudo do sistema de drenagem urbana dos bairros Shangrilá I e II apresentando alternativas para solução de possíveis problemas detectados.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

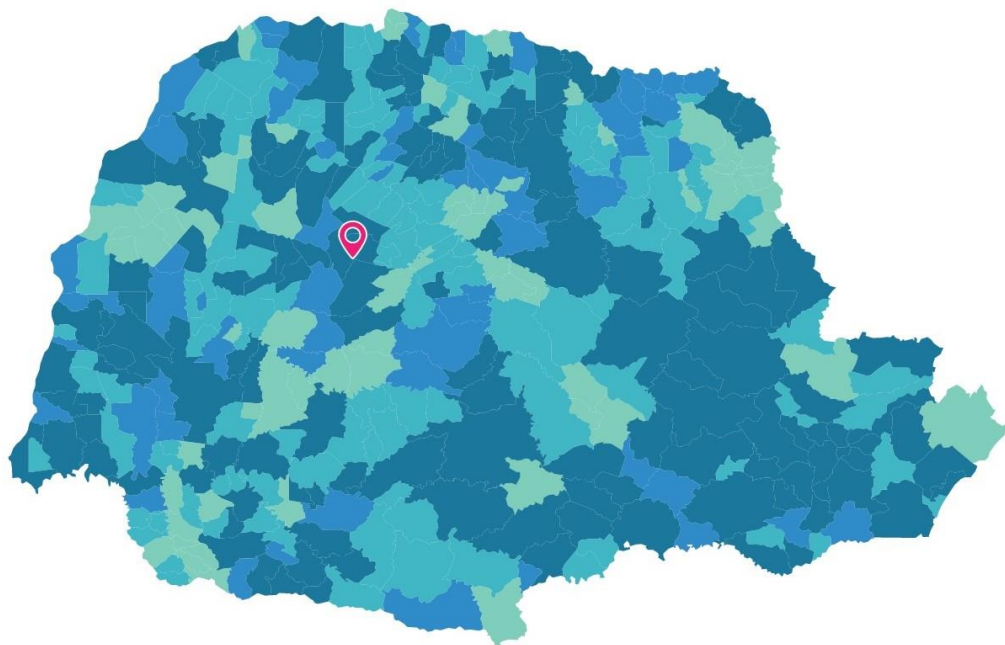
4.1 Caracterização da Região

O município de Campo Mourão está situado no Centro-Oeste do estado do Paraná, região Sul do Brasil. Possui uma altitude de aproximadamente 600 metros em relação ao nível do mar, um clima subtropical úmido e se localiza na latitude $24^{\circ} 2' 46''$ Sul, e longitude $52^{\circ} 23' 2''$ Oeste. (CAMPO MOURÃO, 2019)

Campo Mourão faz divisa com as cidades de Luiziana, Mamborê, Farol, Araruna, Peabiru, Corumbataí do Sul e Barbosa Ferraz. Segundo o IBGE (2010) a população no último censo é de 87.194 pessoas, e a população estimada em 2019 é de 94.859 pessoas. A cidade possui uma extensão territorial de 757,88 km², constituindo uma densidade demográfica de 115,05 hab/ km².

O município pertence a bacia hidrográfica do Rio Paraná. E conta com os rios: Rio Mourão, Rio do Campo, Rio Km 119 e Rio Andorinha percorrendo seu território.

Figura 1 - Localização do Município de Campo Mourão - Paraná



Fonte: IBGE (2010)

4.2 Drenagem Urbana

Ao longo das últimas décadas o Brasil apresentou um crescimento expressivo da população urbana, a taxa de população urbana brasileira é de 80%, próxima a saturação (TUCCI, 2015).

Com o desenvolvimento urbano conseqüentemente ocorre a impermeabilização do solo, através de telhados, ruas, calçadas, pátios, etc. Sendo assim a parcela de água que infiltrava no solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. Portanto o volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, passa a escoar nos canais, demandando maior capacidade de escoamento das seções (TUCCI, 2015).

Logo tornou-se essencial que para um bom desenvolvimento das cidades a drenagem urbana seja efetuada com eficiência e rapidez, para não impactar negativamente na qualidade de vida da população.

Conforme prevê a Lei Federal nº 11.445, de 2007 a drenagem urbana faz parte do contexto do Saneamento Básico, sendo um serviço prestado que deve considerar sua integração com os demais serviços de saneamento, tais como, abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (MIGUEZ, 2016).

De acordo com essa lei drenagem urbana e manejo de águas pluviais pode ser definido como:

Conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Em tal definição, vê-se uma tendência em se preocupar com a degradação ambiental e o descontrole dos escoamentos de rios e dos principais canais de macrodrenagem (MIGUEZ, 2016).

4.1.1 Evolução da drenagem urbana

Ao longo de toda a história da humanidade sempre existiu uma ligação profunda dos cursos de água com a criação das cidades, visto que, a presença de água ao alcance da população sempre foi elemento crucial no processo de sedentarização (BAPTISTA et al, 2002).

Inicialmente a drenagem era apenas uma técnica complementar a utilização da irrigação na agricultura. No entanto, com o passar do tempo a drenagem tornou-se importante para alcançar certos objetivos, como o aproveitamento de terrenos inundados, charco e pântanos, regulagem da umidade para áreas agrícolas, entre outros (MIGUEZ, 2016).

Ainda segundo Miguez (2016) “os sistemas primitivos de drenagem consistiam exclusivamente de valas a céu aberto, as quais atravessavam terras. Porém, aos poucos, surgiu a ideia de construir dutos cobertos para drenagem urbana”.

Tucci (2005) relaciona a evolução da drenagem urbana quanto ao seu desenvolvimento histórico, em quatro principais fases, conforme demonstrado resumidamente no Quadro 1.

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas

FASE	CARACTERÍSTICA	CONSEQUÊNCIA
Pré-Higienista: Até início do séc. XX.	Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas, sem coleta ou tratamento.	Epidemias e doenças com alta taxa de mortalidade.
Higienista: Até 1970.	<i>Tout à l'égout</i> – Transporte do esgoto junto às águas pluviais, por canalização dos escoamentos.	Redução das doenças e da mortalidade, degradação dos corpos d'água, contaminação dos mananciais.
Corretiva: Entre 1970 e 1990.	Sistema separador absoluto, tratamento dos esgotos, amortecimento dos escoamentos pluviais.	Melhoria da qualidade da água dos rios, poluição difusa, obras de grande impacto.
Desenvolvimento Sustentável: Após 1990	Tratamento do escoamento pluvial, preservação do sistema natural, integração institucional.	Conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida e controle das inundações.

FONTE: adaptado de Tucci (2005).

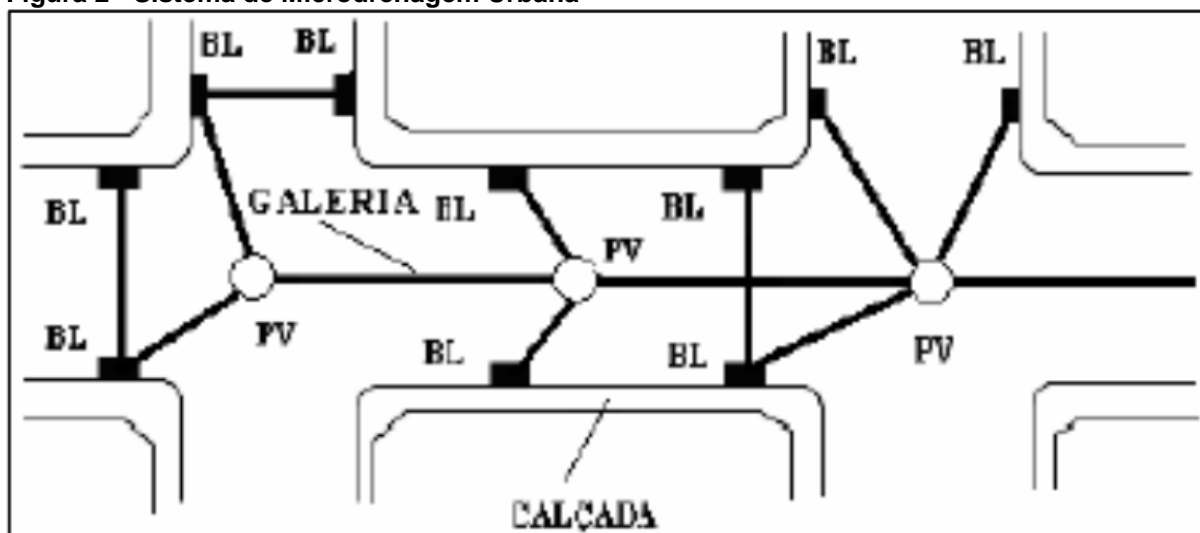
Portanto, conforme a urbanização foi decorrendo surgiram juntamente problemas ambientais e manifestações de doenças pela falta de sistemas de drenagem adequados, com isso os sistemas de drenagem foram evoluindo no decorrer dos anos para atender as necessidades da população sem prejudicar o meio ambiente.

4.1.2 Drenagem urbana: Principais conceitos

O sistema de drenagem pode ser definido como um conjunto de elementos interligados em um sistema designado a captar águas pluviais em uma determinada região, transportando-as de forma adequada e segura para um destino final (MIGUEZ, 2016). Tal sistema é composto por galerias, tubos de ligação, bocas de lobo (BL), poços de visita (PV), caixas de ligação (CL), meio fio e sarjetas (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

A Figura 2 mostra de maneira simples um esquema de um sistema de drenagem em uma área urbana.

Figura 2 - Sistema de Microdrenagem Urbana



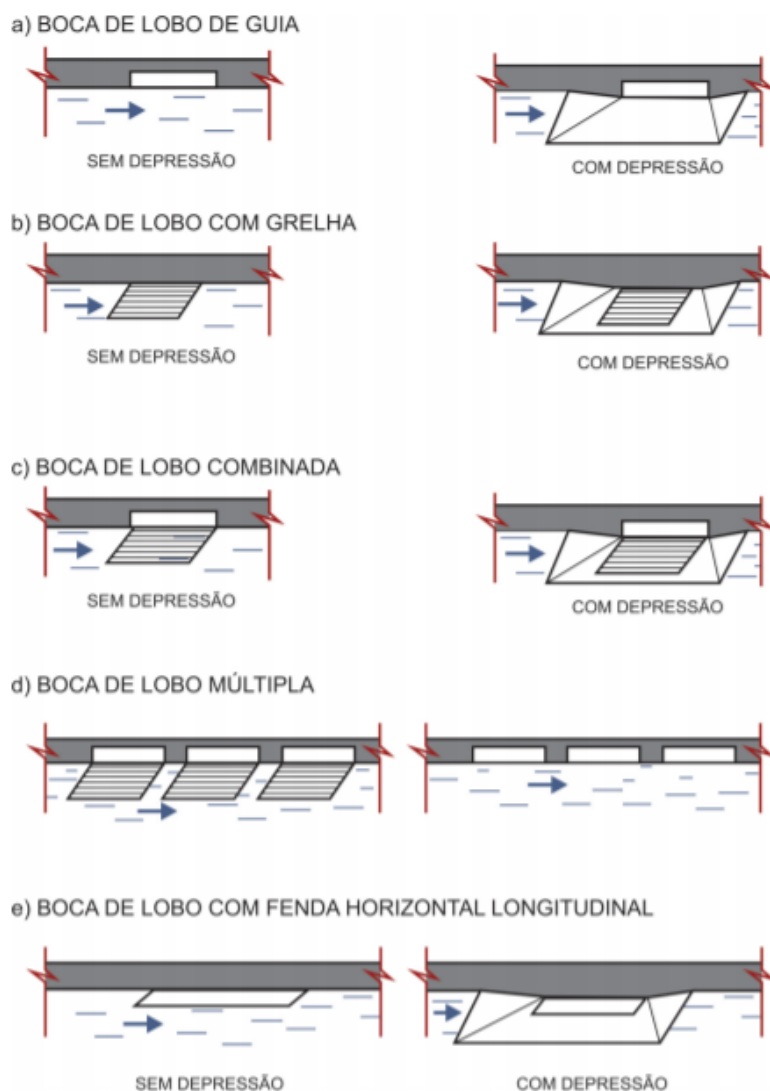
Fonte: Tucci (2015). p. 84

Pode-se definir os elementos citados da seguinte forma: galeria é a canalização pública usada para transportar as águas pluviais vindas das bocas de lobo e das ligações privadas; poço de visita é o elemento localizado em pontos convenientes do sistema de galerias e tem a função de permitir mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e limpeza e inspeção das canalizações; trecho é a

parte da galeria que liga um poço de visita a outro; tubos de ligação são canalizações designadas a deslocar as águas pluviais captadas nas bocas de lobo até as galerias ou para os poços de visita; meio-fio é um elemento de pedra ou concreto colocado entre a calçada e a via, paralelo ao eixo da rua e com face superior no mesmo nível da calçada; sarjeta é a calha formada receptora das águas pluviais que recaem sobre as vias públicas e escoam; bocas de lobo é um dispositivo localizado em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais (TUCCI, 2015).

Ainda segundo Tucci (2015) há vários tipos de bocas de lobo que podem ser encontrados pelas vias públicas (Figura 3), cada uma é utilizada de acordo com a necessidade da via.

Figura 3 - Tipos de Bocas de Lobo



Fonte: DAEE/CETESB (1980). p. 43

Para o dimensionamento da rede do sistema de drenagem alguns parâmetros são adotados, dentre eles: tempo de concentração inicial (t_{ci}), área de contribuição, velocidade mínima e máxima, relação da lâmina d'água e diâmetro adotado (h/D), entre outros. Tendo em vista a grande quantidade de parâmetros a serem analisados torna-se necessário analisar alguns critérios e fixá-los de acordo com as restrições e condições do local em análise. Para tal, são consultados valores usualmente recomendados por alguns autores como visto no Quadro 2 (COSTA; SIQUEIRA, MENEZES FILHO, 2007).

Quadro 2 - Parâmetros utilizados em canais e seções circulares de galerias de águas pluviais recomendados por diferentes autores

Autor	V_{mín} (m/s)	V_{máx} (m/s)	t_{ci}	R_m (m)	h/D
Tucci et al (2004)	0,6	5	10	1	Plena
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5	5	1	Plena ou 0,90
Wiken (1978)	0,75	3,50	5 até 15	-	Plena
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1	4	7 até 15	-	0,7
Porto (1999)	V _{méd} = 4 até 6		-	-	0,75
Haestad-Durrans (2003)	0,60 até 0,90	4,5	-	0,9	0,85

Fonte: Adaptado de Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007).

Além dos parâmetros expostos acima há outros fatores de grande importância que devem ser considerados no dimensionamento hidráulico de um sistema de drenagem, tais fatores serão utilizados no desenvolvimento da metodologia deste trabalho e estão definidos na sequência.

Área de contribuição: é a área da superfície que contribui com o escoamento para a caixa de captação das águas pluviais (CURITIBA, 2012). É determinada através de levantamentos topográficos, aerofotogramétricos ou expeditos (BRASIL,

2006). Ou ainda a área de contribuição pode ser determinada através da combinação da carta topográfica com a planta de galerias de águas pluviais da região em análise formando mosaicos (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

Tempo de concentração (t_c): Trata-se do tempo inicial de entrada (conforme indicado por alguns autores no Quadro 2) ou o tempo requerido pelo escoamento superficial para fluir sobre a superfície, até atingir a primeira boca de lobo a montante, e um tempo de percurso que é o tempo que decorre desde a entrada na galeria até o ponto de interesse, segundo Equação (1) (BRASIL, 2006).

$$t_c = t_{ci} + t_p \quad (1)$$

Onde:

t_c : tempo de concentração, em minutos;

t_{ci} : tempo de concentração inicial, em minutos;

t_p : tempo de percurso, em minutos;

Coeficiente de Runoff (C): pode também ser chamado de coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial, é a relação entre o volume do escoamento superficial direto (ESD) e o volume total precipitado, conforme mostra Equação (2).

$$C = \frac{\text{Volume do ESD}}{\text{Volume total precipitado}} \quad (2)$$

O Quadro 3 e Quadro 4 mostram valores usuais de coeficiente de Runoff de acordo com o tipo de superfície e o tipo de ocupação, respectivamente.

Quadro 3 - Valores de Coeficiente de Runoff (C) de acordo com o tipo de superfície

Superfície	Coeficiente de Runoff	
	Intervalo	Valor esperado
Pavimento		
Asfalto	0,70 – 0,95	0,83
Concreto	0,80 – 0,95	0,88
Calçadas	0,75 – 0,85	0,80
Telhados	0,75 – 0,95	0,85
Cobertura: grama em solo arenoso		
plano (menor que 2 %)	0,05 – 0,10	0,08

declividade média (2 a 7 %)	0,10 – 0,15	0,13
declividade alta (maior que 7 %)	0,15 – 0,20	0,18
Cobertura: grama em solo pesado		
plano (menor que 2 %)	0,13 – 0,17	0,15
declividade média (2 a 7 %)	0,18 – 0,22	0,20
declividade alta (maior que 7 %)	0,25 – 0,35	0,30

Fonte: Adaptado de Tucci (2000) apud Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007).

Quadro 4 - Valores do Coeficiente de Runoff (C) em função do tipo de ocupação

Descrição da área	Coeficiente de Runoff
Área comercial	
Central	0.70 – 0.90
Bairros	0.50 – 0.70
Área residencial	
Residências isoladas	0.35- 0.50
Unidades múltiplas (separadas)	0.40 – 0.60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0.60 – 0.65
Lotes superiores a 2.000 m ²	0.30 – 0.45
Áreas com apartamentos	0.50 – 0.70
Área industrial	
Indústrias leves	0.50 – 0.80
Indústrias pesadas	0.60 – 0.90
Parques, cemitérios	0.10 – 0.25
Playgrounds	0.20 – 0.35
Pátios ferroviários	0.20 – 0.40
Áreas sem melhoramentos	0.10 – 0.30

Fonte: Adaptado de Tucci (2000) apud Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007).

Equação da chuva: a intensidade média da precipitação na região pode ser obtida através do estudo das precipitações máximas, por exemplo, através da curva IDF (Intensidade, duração e frequência) que relaciona os registros pluviométricos da região do estudo com os dados recolhidos por postos vizinhos e tem por base o valor máximo de precipitação registrado, leva em conta a intensidade, a duração e a distribuição da precipitação pela área estudada. De posse dessas informações é determinada uma função $i = f(t,p)$, onde i é a intensidade, p é a probabilidade de ocorrência e t é a duração da precipitação. Outra forma de se obter a intensidade média da precipitação é através de equações específicas de cada

município. Abaixo serão mostradas equações segundo Fendrich (1998) de municípios da região de Campo Mourão, e segundo Arantes et al. (2009) para o município de Campo Mourão.

Cascavel (Pr)

$$i_{max} = \frac{1.062,92 \times T_R^{0,141}}{(t + 5)^{0,776}} \quad (3)$$

Cianorte (Pr)

$$i_{max} = \frac{2.115,18 \times T_R^{0,145}}{(t + 22)^{0,849}} \quad (4)$$

Campo Mourão (Pr)

$$i_{max} = \frac{901,51 \times T_R^{0,1803}}{(t + 11)^{0,7508}} \quad (5)$$

Onde:

i é a intensidade máxima média de precipitação em (mm/h);

T_R é o tempo de recorrência em anos;

t a duração da chuva em minutos.

Vazão superficial local: Para cálculo da vazão é utilizada a fórmula racional, visto que, o método racional é amplamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (< 2 km²) (CURITIBA, 2012). Tal método transforma chuva em vazão máxima relacionando o coeficiente de Runoff (C), a intensidade da chuva (i) e a área de contribuição da bacia (A), conforme mostra a Equação (6).

$$Q_{loc} = C \times i \times A \quad (6)$$

Onde,

Q_{loc} = vazão (volume/tempo);

C = coeficiente de Runoff (adimensional);

i = intensidade média da precipitação (comprimento/tempo);

A = área de contribuição (comprimento²).

Constante k : é uma constante calculada em função da vazão, coeficiente de Manning, diâmetro e declividade, de acordo com a Equação (7) (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

$$k = Q \times n \times D^{-\frac{8}{3}} \times S_g^{-\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Onde:

k = constante;

Q = vazão (m³/s);

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

D = diâmetro (m);

S_g = declividade (m/m).

Relação altura-diâmetro (h/D): Através do ângulo central de superfície livre (θ) que é encontrado pela Equação (8) pode-se obter a relação altura da lâmina d'água-diâmetro (h/D) como demonstrado na Equação (9) (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007). Vale lembrar que há valores de referência citados no Quadro 2 que devem ser considerados.

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

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} (1 - \cos(\theta/2)) \quad (9)$$

Onde:

k = constante;

θ = ângulo central (rad);

h/D = relação altura-diâmetro.

Área molhada: Cada altura h do nível d'água, corresponde uma área molhada (BRASIL, 2006). Ou seja, é a área da tubulação em contato com a água. É calculada em função do ângulo central (θ), de acordo com a Equação (10) (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

$$A = D^2 \times \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{8} \quad (10)$$

Onde:

A = área molhada (m^2);

D = diâmetro (m);

θ = ângulo central (rad);

Velocidade do escoamento: pode ser obtida pela relação de vazão (Q) pela área molhada segundo a Equação (11), vale lembrar que há valores de referência de velocidade mínima e máxima que devem ser observados, conforme já mostrado no Quadro 2. (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

$$V = \frac{Q}{A} \quad (11)$$

4.3 Estudos na área de drenagem

O trabalho realizado por Lanuti (2018), faz uma avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana – PR, através de uma simulação utilizando o método racional onde foi adotado a existência de três emissários, verificou-se que a tubulação existente (600mm) não é compatível com a vazão do local havendo possibilidade de gerar extravasamento da rede e afogamento dos condutos, podendo prejudicar o processo de expansão urbana.

Tasca et al. (2017) avaliaram o papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu, por meio de uma pesquisa realizada em 28 municípios da bacia. No estudo constatou-se que metade dos municípios não possuem plano de saneamento básico, 19 deles possuem rede

unitária de coleta de efluentes, ou seja, os condutos coletam e transportam águas pluviais juntamente com os esgotos domésticos, e 16 dessas cidades apresentam projetos inadequados de drenagem. Tais fatores estão diretamente associados a alagamentos anuais, erosões e assoreamento recorrentes nestes municípios, o que confirma a importância de um bom projeto de drenagem para evitar desastres hidrológicos.

As universitárias Amanda Folmann dos Santos e Karoline Manente Ferreira (2017) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, simularam no EPA SWMM o projeto de drenagem convencional a ser implantado comparando o escoamento superficial com o natural e também simulando sistemas de drenagem urbana sustentável, a fim de avaliar as técnicas de drenagem urbana sustentável para reduzir o pico de escoamento superficial em um loteamento no município de Pato Branco – PR. Por meio desta simulação mostrou-se que utilizando apenas o sistema de drenagem convencional o volume de escoamento superficial aumentou em 525,4% comparado com o natural e a vazão de pico foi 6 vezes maior que a vazão de pré urbanização, o que leva a concluir que há necessidade da implantação de medidas que mitiguem este impacto, tais como aplicação de sistemas de drenagem sustentável.

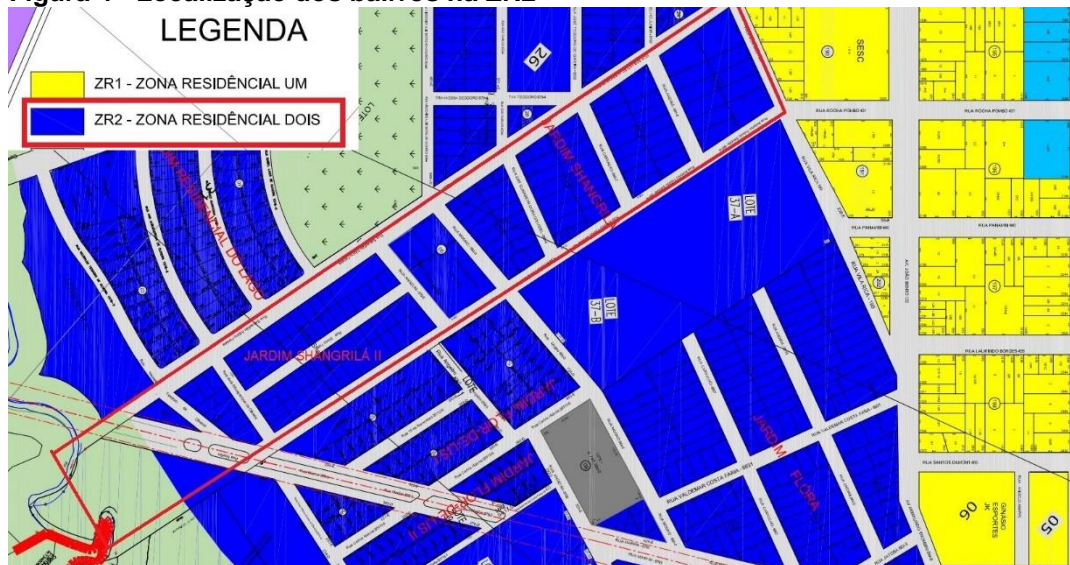
Orzenn (2016) realizou um estudo no sistema de drenagem urbana de Campo Mourão – PR, mais precisamente no cruzamento da Rua Araruna com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves, a fim de avaliar a causa de alagamentos ocorridos no local. Constatou-se através do método racional que a rede de drenagem existente apresenta velocidades que excedem os limites recomendados, não conseguindo escoar a água de maneira eficiente durante fortes precipitações causando o alagamento do trecho. Para que tal evento não ocorra sugeriu-se a alteração de diâmetros em trechos específicos na rede de drenagem.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

5.1 Área de Estudo

O local estudado localiza-se no município de Campo Mourão – Paraná (Figura 1), nos bairros Jardim Shangrilá I e Jardim Shangrilá II. Tais bairros estão contidos na Zona Residencial 2, de acordo com o mapa de zoneamento da cidade de Campo Mourão disponibilizado pela Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão (Figura 4). De acordo com a lei complementar N° 31, de 17 de julho de 2014 que regulamenta sobre o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural do Município de Campo Mourão, para a Zona Residencial 2 a taxa de permeabilidade mínima é de 10%. Esses bairros não estão 100% ocupados, visto que, há áreas que ainda não possuem edificações (Figura 5).

Figura 4 - Localização dos bairros na ZR2



Fonte: Adaptado de Campo Mourão, 2014.

Figura 5 - Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth Pro (2021)

Além da ZR2, Campo Mourão é dividido em mais 20 zonas ocupacionais, que são separadas em: zona residencial, zona industrial, zona comercial, zona especial, zona de ocupação específica de saúde, zona de ocupação específica universitária e zonas de urbanização específica Vila Guarujá e Vila Rural. Cada qual tem sua peculiaridade quanto a tamanho de lote, coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade e recuo frontal.

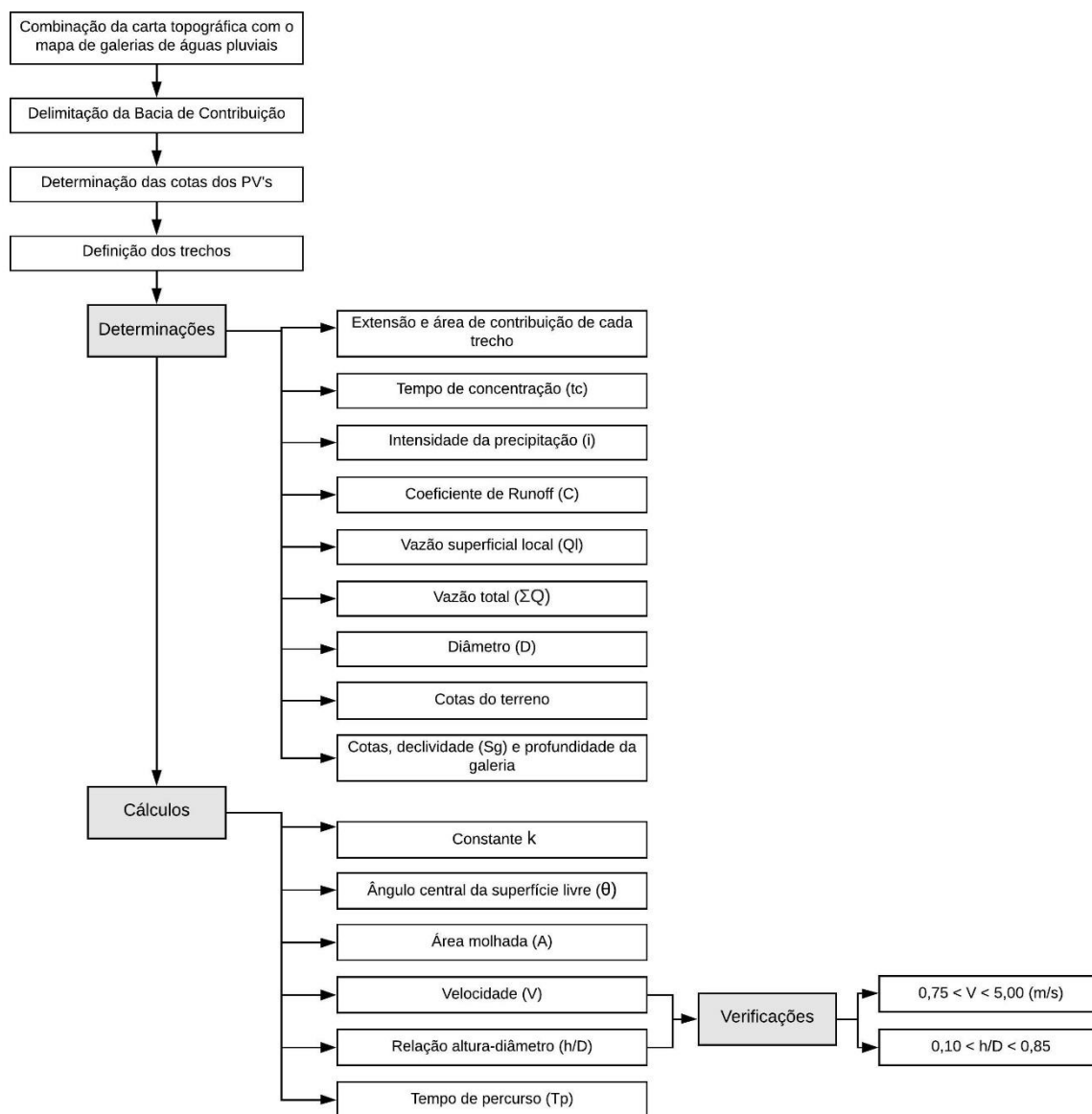
5.2 Levantamento de informações

Os dados a serem utilizados neste trabalho foram levantados através de visitas a Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão, onde obteve-se o mapa de drenagem do município, mapa de zoneamento, leis complementares da cidade e informações pertinentes, além disso demais informações foram levantadas pelos softwares Google Earth Pro e Google Maps.

5.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem

Para realização do dimensionamento do sistema de drenagem foram consideradas as etapas descritas na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma demonstrativo das etapas do dimensionamento hidráulico



Fonte: Autoria própria

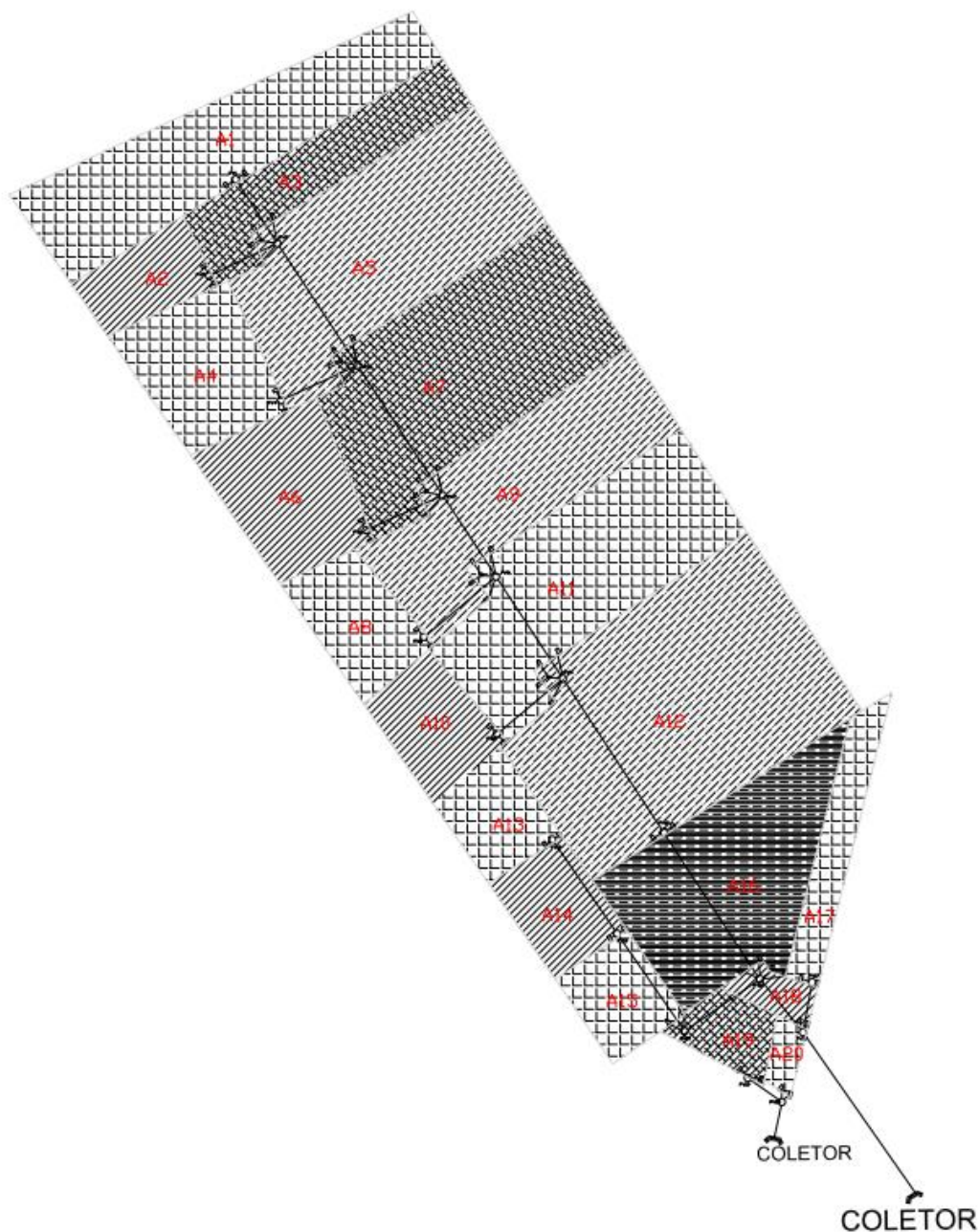
5.3.1 Combinação de dados

Foi realizado um estudo de toda a rede que contribui para o escoamento de água na região, para isso realizou-se um cruzamento de dados entre o mapa de galerias pluviais de Campo Mourão com a carta topográfica do Ministério do Exército e o software Google Earth Pro. Desta forma definiu-se a bacia de contribuição, os trechos e as cotas dos poços de visita.

5.3.2 Área de contribuição

Tendo posse das cotas de cada poço de visita e analisando as curvas de nível da região identificou-se o sentido de escoamento da água, de modo que foram traçadas as áreas de influência de cada poço de visita formando um mosaico conforme Figura 7. Somando a área de influência do poço de visita em questão com a área de influência drenada a montante tem-se a área de influência total.

Figura 7 - Mosaico de áreas de influência



Fonte: Autoria própria.

5.3.3 Tempo de Concentração

Para Riguetto (1998) o tempo de concentração é o tempo gasto pelas últimas partículas de chuva precipitadas no ponto mais distante da bacia para alcançar a seção de interesse.

Azevedo Netto e Araújo (1998) recomenda que o tempo de concentração para os poços de visita no início de rede seja de 5 minutos (Quadro 2), para os demais poços de visita utilizou-se da equação (1) já apresentada.

5.3.4 Intensidade pluviométrica, coeficiente de runoff e diâmetro

A intensidade pluviométrica foi obtida através da curva IDF (intensidade, duração e frequência) por meio de equação proposta por Arantes et al. (2009) para a cidade de Campo Mourão mostrada na equação (5).

O coeficiente de escoamento ou coeficiente de runoff foi definido conforme Quadro 4, considerando a área de estudo como área residencial de unidades múltiplas conjugadas $C = 0,65$.

O diâmetro utilizado para o dimensionamento foi retirado da planta de galerias de águas pluviais de Campo Mourão indicada no Anexo A e em todos os trechos é igual a 400 mm.

5.3.5 Cálculo da Vazão – Método Racional

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (menores que dois quilômetros quadrados). Alguns princípios são básicos para adoção deste método, sendo eles: A duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, porque a duração é inversamente proporcional à intensidade; Adota-se um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia; Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões (TOLEDO, 2017).

Logo a vazão local foi calculada através do método racional de acordo com a Equação (6), para as vazões totais considerou-se o somatório das vazões que chegam ao poço de visita.

5.3.6 Cotas da Galeria e profundidade da galeria

A profundidade da galeria se dá pela soma do recobrimento com o diâmetro da galeria, o recobrimento adotado neste trabalho foi de 1,00 metro.

As cotas das galerias correspondem às cotas relativas à geratriz inferior da tubulação e foram calculadas através das Equações (12), (13) e (14) (COSTA; SIQUEIRA; MENEZES FILHO, 2007).

$$C_{im} = C_m - (R_m + D) \quad (12)$$

Onde:

C_{im} = cota inferior da galeria a montante (m);

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

R_m = recobrimento mínimo (m);

D = diâmetro (m)

$$C_{ij} = C_{im} - (S_g \times L) \quad (13)$$

Onde:

C_{ij} = cota inferior da galeria a jusante (m);

C_{im} = cota inferior da galeria a montante (m);

L = extensão do trecho (m);

S_g = declividade da galeria (m/m);

A declividade da galeria é dada pela Equação (14) que segue:

$$S_g = \frac{(C_{im} - C_{ij})}{L} \quad (14)$$

5.3.7 Demais parâmetros e verificações

Os parâmetros: constante k , ângulo central da superfície livre, área molhada, velocidade e relação altura diâmetro foram calculados de acordo com as Equações já expostas (7), (8), (9), (10) e (11) respectivamente.

Afim de encontrar a solução mais econômica para o trecho torna-se necessário realizar algumas verificações. Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007), recomendam que a relação altura da lâmina d'água-diâmetro " h/D " de estar na faixa de 0,10 (10%) a 0,85 (85%). Para a velocidade Azevedo Netto e Araújo (1998) propõe que fique dentro do intervalo de 0,75 a 5,00 m/s conforme indicado no Quadro 2.

Após o dimensionamento e verificações foram identificados alguns trechos problemáticos, os quais foram redimensionados para suportar o escoamento de água pluvial.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse do mapa de galeria de águas pluviais de Campo Mourão (2015), (Anexo A) fornecido pela Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão, juntamente com a carta topográfica do município e dados obtidos pelo Google Earth Pro, definiu-se o sentido de escoamento da água, os trechos e a extensão de cada trecho conforme mostrado na Tabela 1.

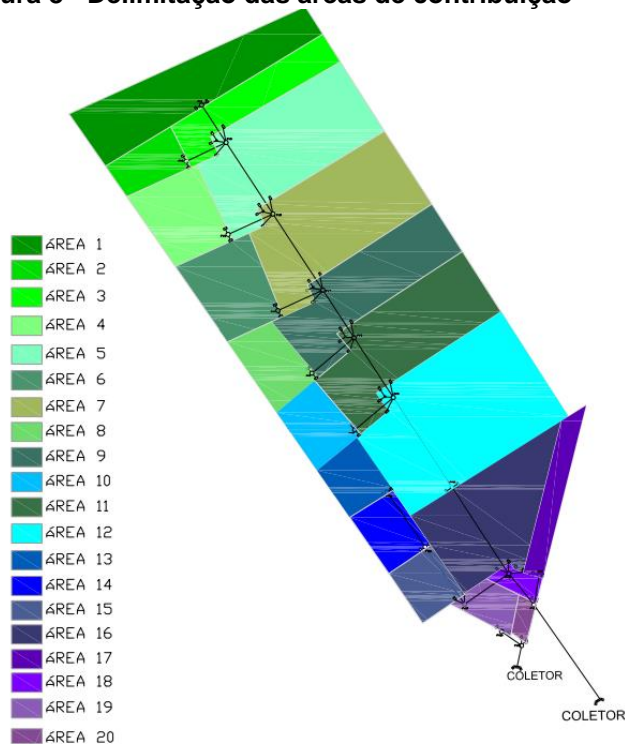
Tabela 1 - Definição e extensão dos trechos

	Trecho	Extensão (m)
1	3	41,07
2	3	40,58
3	5	82,40
4	5	45,70
5	7	88,06
6	7	45,70
7	9	53,46
8	9	51,53
9	11	68,12
10	11	46,47
11	12	104,74
12	16	100,23
13	14	65,51
14	15	66,21
15	16	50,15
16	18	36,32
17	18	26,01
18	Fim	113,37
19	20	20,49
20	Fim	18,50

Fonte: Autoria própria

Após a definição dos trechos traçou-se o mosaico com as áreas de influência de acordo com a Figura 8 e obteve-se as áreas de contribuição para cada trecho conforme Tabela 2.

Figura 8 - Delimitação das áreas de contribuição



Fonte: Autoria própria

Tabela 2 - Área de contribuição de cada trecho

Trecho	Extensão (m)	Área - Trecho (m ²)	Área - Total (m ²)
1	3	41,071	12639,677
2	3	40,588	3115,939
3	5	82,4	6276,529
4	5	45,706	6064,391
5	7	88,063	15597,28
6	7	45,706	6558,046
7	9	53,46	16341,32
8	9	51,539	4124,152
9	11	68,128	11785,176
10	11	46,478	3866,125
11	12	104,742	13943,459

12	16	100,233	22971,169	123283,263
13	14	65,513	3185,846	3185,846
14	15	66,215	3542,656	6728,502
15	16	50,151	3138,877	133150,642
16	18	36,32	12314,921	145465,563
17	18	26,013	3431,281	3431,281
18	Fim	113,372	1122,929	150019,773
19	20	20,499	2132,187	2132,187
20	Fim	18,509	753,679	2885,866

Fonte: Autoria própria

O tempo de retorno utilizado foi de 5 anos recomendado por Costa, Siqueira, Menezes Filho (2007). O coeficiente de runoff de 0,65 conforme já citado anteriormente e o tempo de concentração para início de trecho foi considerado de acordo com Azevedo Netto e Araújo (1998) mostrado no Quadro 2. A partir daí calculou-se a intensidade pluviométrica através da Equação (5) e a vazão para cada trecho por meio da Equação (6). Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Intensidade pluviométrica e vazão de cada trecho

Trecho	T	i	QI	ΣQ
	(minutos)	(mm/h)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	3	5	150,294	0,34327
2	3	5	150,294	0,08462
3	5	5,44	147,268	0,5863
4	5	5	150,294	0,1647
5	7	17,65	97,041	0,76618
6	7	5	150,294	0,1781
7	9	1233,57	5,71815	0,06881
8	9	5	150,294	0,112
9	11	10116,51	1,18485	0,01766
10	11	5	150,294	0,105
11	12	38697,44	0,43298	0,00785
12	16	121422,44	0,18352	0,00409
13	14	5	150,294	0,08652

14	15	5,33	148,022	0,17997	0,266492
15	16	5,73	145,321	3,49647	3,762965
16	18	180302,43	0,13639	0,00358	3,76655
17	18	5	150,294	0,09319	0,093187
18	Fim	374782,61	0,07874	0,00213	0,095322
19	20	5	150,294	0,05791	0,057906
20	Fim	5,12	149,479	0,07795	0,135856

Fonte: Autoria própria

Na sequência, com trechos, diâmetros, áreas de contribuição, intensidades pluviométricas e vazões definidas chegou-se nos resultados mostrados de maneira simplificada na Tabela 4, que pode ser encontrada completa no apêndice A. Os valores em evidência estão fora dos limites recomendados para maior eficiência de projeto.

Tabela 4 - Resultados obtidos diâmetro real

Trecho	D (mm)	Prof. Da Galeria		h/D	Velocidade (m/s)	
		Montante (m)	Jusante (m)			
1	3	400	1,4	1,4	0,621	4,1860738
2	3	400	1,4	1,4	0,4508	1,5395663
3	5	400	1,4	1,4	0,5059	0,1124459
4	5	400	1,4	1,4	0,7218	1,6958715
5	7	400	1,4	1,4	0,8726	0,0012071
6	7	400	1,4	1,4	0,7721	1,7107647
7	9	400	1,4	1,4	0,993	0,0001003
8	9	400	1,4	1,4	0,5771	1,4910600
9	11	400	1,4	1,4	0,2968	0,0000397
10	11	400	1,4	1,4	0,4353	1,9995230
11	12	400	1,4	1,4	0,4258	0,0000211
12	16	400	1,4	1,4	0,6264	0,0000284
13	14	400	1,4	1,4	0,2602	3,3290751
14	15	400	1,4	1,4	0,5205	2,7224286
15	16	400	1,4	1,4	0,6559	0,0003147

16	18	400	1,4	1,4	0,4661	0,0000031
17	18	400	1,4	1,4	0,2957	2,9982876
18	Fim	400	1,4	1,4	0,4359	0,0405733
19	20	400	1,4	1,4	0,214	2,9380586
20	Fim	400	1,4	1,4	0,2964	2,5005584

Fonte: Autoria própria

Os resultados destacados mostram que nos trechos 3-5, 5-7, 7-9, 9-11, 11-12, 12-16, 15-16 16-18 e 18-FIM a velocidade de escoamento está muito abaixo do recomendado o que pode representar ineficiência da galeria na região. Tais trechos estão ilustrados no Anexo B.

Desta forma os cálculos foram refeitos de maneira que a velocidade de escoamento fique entre os limites indicados, para isso foi necessário alterar o diâmetro e a profundidade da galeria de alguns trechos. Os novos valores estão apresentados de forma simplificada na Tabela 5, que pode ser encontrada completa no Apêndice B.

Tabela 5 - Resultados obtidos diâmetro adotado

Trecho	D (mm)	Prof. Da Galeria Montante (m)	Prof. Da Galeria Jusante (m)	h/D	Velocidade (m/s)	
1	3	400	1,4	1,6	0,607819033	4,2936506
2	3	400	1,4	1,6	0,411643199	1,7351921
3	5	600	1,6	1,7	0,658023167	2,9784043
4	5	400	1,4	1,7	0,612770733	2,0403296
5	7	700	1,7	2	0,702791787	2,3743971
6	7	400	1,4	2	0,580739784	2,3529546
7	9	1000	2	2,1	0,700080385	2,8828606
8	9	400	1,4	2,1	0,441340454	2,0947936
9	11	1100	2,1	2,2	0,719986444	2,8261911
10	11	400	1,4	2,2	0,373979179	2,4483837
11	12	1200	2,2	2,2	0,743078534	2,7465364
12	16	1200	2,2	3,2	0,801951721	3,0492884
13	14	400	1,4	1,4	0,260196382	3,3290751
14	15	400	1,4	1,8	0,508050363	2,8067845

15	16	700	1,8	3,2	0,13830112	2,3211028
16	18	1200	3,2	2,2	0,583730607	4,9939583
17	18	400	1,4	2,2	0,270343212	3,3981250
18	Fim	1200	2,2	2,2	0,679541462	4,2939621
19	20	400	1,4	1,4	0,214016993	2,9380586
20	Fim	400	1,4	1,4	0,296352074	2,5005584

Fonte: Aatoria própria

Examinando os resultados apresentados na Tabela 4, em alguns dos trechos, mais precisamente nos 3-5, 5-7, 7-9, 9-11, 11-12, 12-16, 15-16 16-18 e 18-FIM a velocidade é muito baixa, o que pode significar que, assim como, o estudo realizado por Lanuti (2018) a tubulação existente não é compatível com a vazão local podendo gerar extravasamento da rede e afogamento dos condutos da galeria.

A fim de solucionar e evitar tais fatos foi proposto que a dimensão da tubulação e a profundidade da galeria sejam ampliadas nesses trechos (Tabela 5).

Realizando um comparativo entre as tabelas (4) e (5), nota-se que em alguns trechos o diâmetro teve que ser ampliado em até 3 vezes o real. Já a profundidade da galeria foi alterada em alguns trechos aumentando o recobrimento em até 1 metro.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento realizado neste presente trabalho verificou-se a rede de drenagem dos bairros Jardim Shangrilá I e II. A rede possui 20 poços de visita divididos em duas redes de drenagem, cada rede possui um emissário que deságua no Rio do Campo.

Foram calculadas as áreas de escoamento superficial de cada trecho e a partir daí, através do método racional as respectivas vazões solicitantes. Por meio das vazões pôde-se dimensionar cada trecho, comparando os resultados com os limites recomendados, sendo que a velocidade deve estar em um intervalo de 0,75 a 5,00 m/s e a relação altura da lâmina de água pelo diâmetro deve ficar entre 10% a 85%, para que assim não aça extravasamento da rede e afogamento do conduto.

Sendo assim, o estudo realizado mostrou que trechos da galeria poderão apresentar ineficiência em precipitações elevadas quando os bairros estiverem totalmente ocupados. Dos 20 trechos analisados, 9 deles apresentaram velocidade muito abaixo dos valores recomendados e em 2 deles a relação altura da lâmina de água pelo diâmetro também é maior que o indicado. O que nos mostra que há a possibilidade de futuros alagamentos nesta região.

As soluções apresentadas neste trabalho são aumentar o diâmetro da tubulação e a profundidade da galeria nos trechos que apresentaram problemas, além disso outra solução para evitar problemas seria uso de pavimento permeável, para que assim possa prevenir possíveis alagamentos que venham a impactar negativamente na qualidade de vida da população residente na região.

Para estudos futuros sugere-se que seja feita uma análise de custo comparando o sistema de drenagem existente nos bairros com o sistema proposto neste trabalho, onde foram ampliados os diâmetros da tubulação.

8 REFERÊNCIAS

SHUSTER, W. D. et al. **Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review**. Urban Water Journal, Volume 2, N° 4, 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/campo-mourao/panorama>>. Acesso em: 16 out. 2019.

CAMPO MOURÃO. **Portal do Cidadão**. Perfil - Município de Campo Mourão. Disponível em: <<https://campomourao.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/4>>. Acesso em: 16 out. 2019.

MORIGI, Josimari de Brito; MORIGI, Mauro Cesar. **A Ocupação Territorial e a Evolução do Espaço Urbano de Campo Mourão – Paraná**. In: Simpósio de Estudos Urbanos, Unespar, Campo Mourão, 2013. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais/ii_seurb/documentos/morigi-josimari-de-brito.pdf>. Acesso em: 16 out. 2019.

CAMPO MOURÃO. Lei Complementar N°31/2014. **Dispõe sobre o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural do Município de Campo Mourão e dá outras providências**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-campo-mourao-pr>>. Acesso em: 17 out. 2019.

CAMPO MOURÃO. **Mapa de Zoneamento**, 2014. Disponibilizado pela Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão em: 06 nov. 2019.

RENNÓ, C. D.; Soares, J. V. **Conceitos básicos de modelagem hidrológica**. 2010. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2_modelos_hidrologicos.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

SHINMA, Taís Arriero. **Calibração multiobjetivo do SWMM aplicada à transformação chuva-vazão**. 2011. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Documents/Engenharia%20Civil-%20UTFPR/9%20-%20Nono%20per%20C3%ADodo/TCC1/TCC%20Cleyze/Referencias/TaisShinma%20Calibra%C3%A7%C3%A3o%20do%20multiobjetivo%20do%20SWMM%20aplicada%20a%20transforma%C3%A7%C3%A3o%20chuva%20vaz%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2019.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 p. Edição ampliada e atualizada.

COLLODEL, M. G. **Aplicação do modelo hidrológico SWMM na avaliação de diferentes níveis de detalhamento da bacia hidrográfica submetida ao processo de transformação chuva-vazão**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Documents/Engenharia%20Civil-%20UTFPR/9%20-%20Nono%20per%20C3%ADodo/TCC1/TCC%20Cleyze/Referencias/COLLODEL.pdf> . Acesso em: 25 out. 2019.

ROSSMAN, L. A. **EPA SWMM 5.0 – Modelo de Gestão de Drenagem Urbana**. Cincinnati: U. S. Agência de proteção ambiental, 2010. 279 p.

CAMBEZ, Maria João; PINHO, João; DAVID, Luís Mesquita. **Modelação Matemática de um Sistema de Drenagem Urbana com o SWMM**. In: 13º ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2008, Portugal. 2008. 15 p. Disponível em: <http://repositorio.lnec.pt:8080/bitstream/123456789/1002996/1/C_T2_H_LuisMesquitaDavid-13%C2%BAENASB.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

MIGUEZ, Marcelo Gomez; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 10; p. 98; p. 188;

BRASIL. **Lei Federal N° 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/documentos/pagina/lei_11445-07.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2019.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre/RS: ABRH, reimpressão da 1ª edição, 2015. 428 p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. **Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.7, n.1. Belo Horizonte, 2002. p. 29-49. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/b965255555a82d2c445d1170ac0b2cf8_d23a43569d48424265de6e08d464e416.pdf> Acesso em: 07 nov. 2019

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – Unesco 2005. Disponível em: <https://labgeologiaambiental.jatai.ufg.br/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799> Acesso em: 07 nov. 2019.

COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES FILHO, F..C. M.; **Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3. Águas pluviais**. Brasília: ReCESA 2007. 130p. Disponível em: <https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unb_curso_basico_de_hidrologia_urbana_nivel_3_2007.pdf> Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos de pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Publicação IPR – 724. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_drenagem_rodovias.pdf> Acesso em: 13 nov. 2019.

CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba Volume IV - Manual de Drenagem**. 2012. Disponível Em: <<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2018/00238310.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2019.

FENDRICH, Roberto. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem**. 2. Ed. Curitiba: Champagnat. 1998.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Departamento de Engenharia e Comunicações, Diretoria de Serviço Geológico. Região Sul do Brasil. **Cartas Topográficas**. Escala 1:50.000, 1990. Disponível em: <<http://bdgex.eb.mil.br/bdgexapp/mobile/?l=963,953&c=-52.381449,-24.030160&z=11>> Acesso em: 12 mar. 2021.

ARANTES, E. J. et al. **Análise das Chuvas Intensas na região Noroeste do Paraná**. IV Semana do Meio Ambiente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rio Claro/SP, 2009. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/article/view/2966>> Acesso em: 15 mar. 2021.

DAEE/CETESB. **Drenagem urbana**. 2. ed. São Paulo, SP, 1980. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf> Acesso em: 22 mar. 2021.

RIGUETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. EESC-USP, São Carlos, SP, 1998. 819p.

TOLEDO, **Manual de Drenagem Urbana**. Secretaria do planejamento estratégico. Volume 1. 2021. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf> Acesso em: 09 abr. 2021

LANUTI, YOHAN 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.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sinopse do censo demográfico 2010.** 2011. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

TASCA, F.A. et al. **O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu.** Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, N o 69/1, p. 129-142, Jan/Fev/2017

SANTOS, Amanda Folmann dos; FERREIRA, Karoline Manente. **Avaliação De Técnicas de Drenagem Urbana Sustentável para Redução do Pico de Escoamento Superficial em um Loteamento no Município de Pato Branco – Pr.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10260/1/PB_COECI_2017_2_25.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

ORZENN, Henrique M.M. **Estudo do Sistema de Drenagem Urbana Localizado no Cruzamento da Rua Araruna com a Avenida perimetral Tancredo de Almeida Neves.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

BASSO, Leandraia; 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.

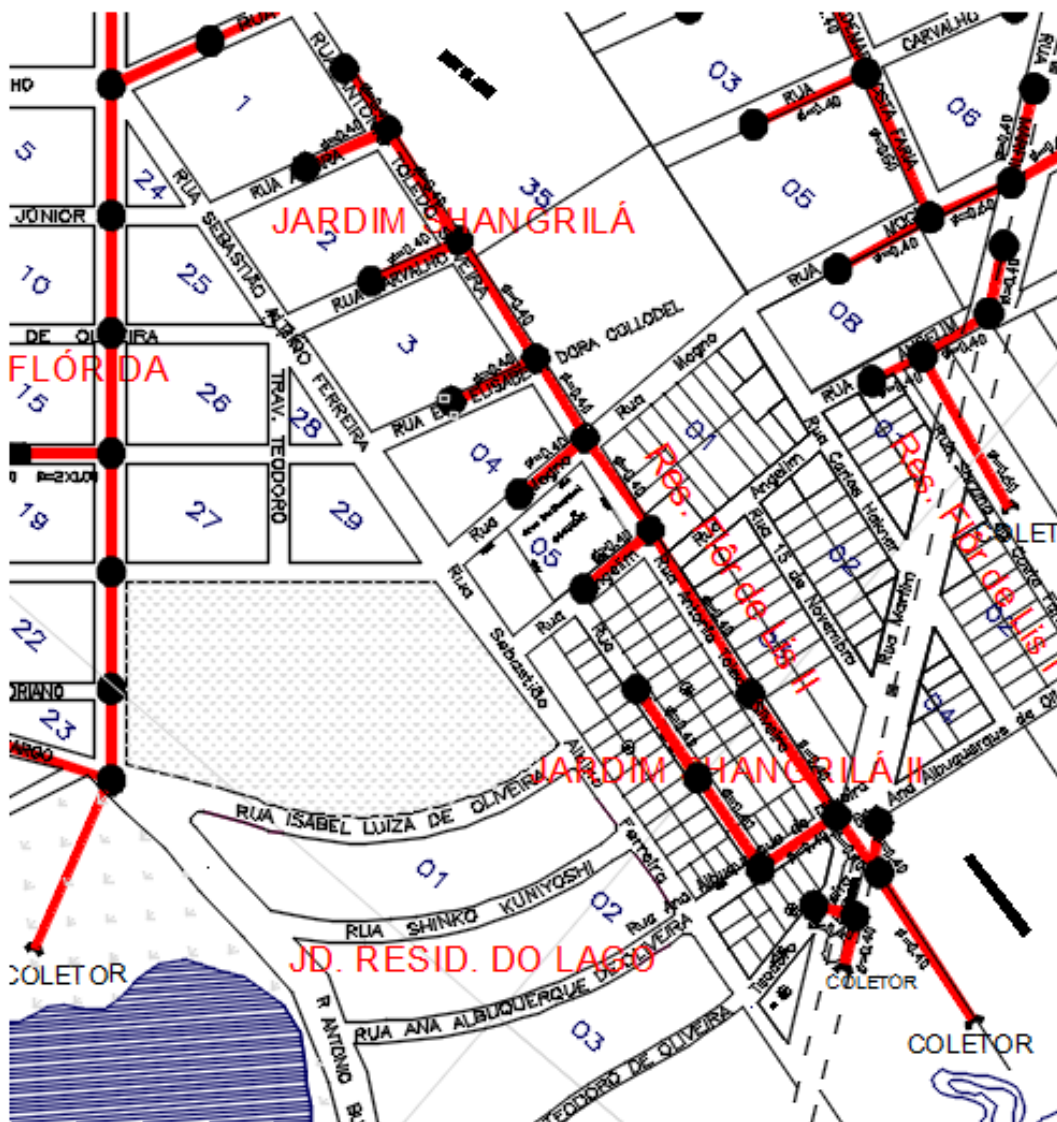
APÊNDICE A – Resultados obtidos com o diâmetro real (mapa de galerias de Campo Mourão)

Trecho	Extensão m	Área (m²)		Tempo de concentração (tc) min	c	i mm/h	Qj m³/s	ΣQ m³/s	D mm	Cota do P (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) m²	Velocidade (V) m/s	Tempo de Percurso (Tp) min	
		Trecho	Total							Montante	Jusante		Montante	Jusante									
1	3	41,07	1269,68	5	0,65	150,294	0,34327	0,34326987	400	584	581	0,0730	582,6	579,6	0,0730	1,4	1,4	0,219335	3,630489	0,621011	0,082003	4,186074	0,16
2	3	40,59	3115,94	5	0,65	150,294	0,084623	0,084623047	400	581,5	581	0,0123	580,1	579,6	0,0123	1,4	1,4	0,131664	2,94295	0,450756	0,054966	1,539566	0,44
3	5	82,40	6276,53	5,44	0,65	147,2678	0,586304	1,014196887	400	581	576	0,0807	579,6	574,6	0,0807	1,4	1,4	0,710939	2,60728577	0,505903	5,214099	0,112446	12,21
4	5	45,71	6064,39	6,664	0,65	150,294	0,164697	0,164697461	400	576,5	576	0,0109	575,1	574,6	0,0109	1,4	1,4	0,271927	4,060747	0,721785	0,097117	1,695872	0,45
5	7	88,06	15597,28	43,693	0,65	97,041	0,766185	1,545078917	400	576	572	0,0454	574,6	570,6	0,0454	1,4	1,4	1,576045	31,73728791	0,872620	634,736699	0,001707	1215,91
6	7	45,71	6558,05	5	0,65	150,294	0,178104	0,178104203	400	572,5	572	0,0109	571,1	570,6	0,0109	1,4	1,4	0,294063	4,292332	0,772072	0,104108	1,710765	0,45
7	9	53,46	16341,32	66,933	0,65	571,815	0,068809	2,191991833	400	572	569	0,0561	570,6	567,6	0,0561	1,4	1,4	1,597929	34,99574307	0,939332	685,998048	0,000100	8882,95
8	9	51,54	4124,15	5	0,65	150,294	0,112004	0,112004217	400	569,5	569	0,0097	568,1	567,6	0,0097	1,4	1,4	0,186373	3,451187	0,577090	0,075117	1,461060	0,58
9	11	68,13	11785,18	82,502	0,65	1,18485	0,017664	2,212660032	400	569	564	0,0734	567,6	562,6	0,0734	1,4	1,4	1,479930	22,332214116	0,296783	444,629428	0,000040	28581,43
10	11	46,48	3866,13	5	0,65	150,294	0,104997	0,104996688	400	565	564	0,0215	563,6	562,6	0,0215	1,4	1,4	0,123613	2,882117	0,435313	0,052511	1,999523	0,39
11	12	104,74	13943,46	103,312	0,65	0,432978	0,007848	2,434505055	400	564	555	0,0859	562,6	553,6	0,0859	1,4	1,4	1,434216	18,995384684	0,425833	371,913561	0,000021	82724,49
12	16	100,23	22971,17	123,883	0,65	0,183516	0,004088	2,43893291	400	555	543	0,1197	553,6	541,6	0,1197	1,4	1,4	1,217079	7204,183004	0,626377	144,093442	0,000028	58879,99
13	14	65,51	3185,85	5	0,65	150,294	0,086522	0,086521589	400	558	551	0,1068	556,6	549,6	0,1068	1,4	1,4	0,045709	2,141179	0,260196	0,025990	3,329075	0,33
14	15	66,22	3542,66	67,850	0,65	148,0216	0,179971	0,179971066492207	400	551	546	0,0755	549,6	544,6	0,0755	1,4	1,4	0,167472	3,223508	0,520473	0,066107	2,722429	0,41
15	16	50,15	3138,88	133190,64	0,65	145,3211	3,496473	3,762965347	400	546	543	0,0598	544,6	541,6	0,0598	1,4	1,4	2,656893	55525,321449	0,655884	11110,518278	0,000315	2656,03
16	18	36,22	12314,92	145465,56	0,65	0,136386	0,003585	3,766550332	400	543	538	0,1377	541,6	536,6	0,1377	1,4	1,4	1,730358	57388,670831	0,466052	1151,776126	0,000003	194480,18
17	18	26,01	3431,28	3431,28	0,65	150,294	0,093187	0,093187143	400	540	538	0,0769	538,6	536,6	0,0769	1,4	1,4	0,058036	2,299827	0,295717	0,031080	2,988288	0,14
18	Fin	113,37	1122,93	150019,77	0,65	0,078739	0,002135	0,095321653	400	538	536	0,0176	536,6	534,6	0,0176	1,4	1,4	0,123935	2,884606	0,435930	0,052609	0,040573	46,57
19	20	20,50	2132,19	2132,187	0,65	150,294	0,057906	0,057906191	400	543	541	0,0876	541,6	539,6	0,0876	1,4	1,4	0,032014	1,923791	0,214017	0,019709	2,938059	0,12
20	Fin	18,51	753,68	2885,866	0,65	149,4791	0,07795	0,13595928	400	541	538	0,1621	539,6	536,6	0,1621	1,4	1,4	0,038274	2,302610	0,236352	0,031173	2,500558	0,12

APÊNDICE B – Resultados obtidos com novos diâmetros adotados

Trecho	Extensão m	Área (m²)		Tempo de concentração (tc) min	c	i mm/h	Qj m³/s	ΣQ m³/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) m²	Velocidade (V) m/s	Tempo de Percorso (Tp) min
		Trecho	Total							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
1	3	41,07	12639,68	12639,68	0,65	150,294	0,34327	0,34326987	400	584	581	0,0730	582,6	579,4	0,0779	1,4	1,6	0,212370	3,576283	0,607819	0,079948	4,239651	0,16
2	3	40,59	3115,94	3115,94	0,65	150,294	0,084623	0,084623047	400	581,5	581	0,0123	580,1	579,4	0,0172	1,4	1,6	0,111276	2,786300	0,411643	0,048769	1,735192	0,39
3	5	82,40	6276,53	22032,15	0,65	147,6019	0,587634	1,015526837	600	581	576	0,0607	579,4	574,3	0,0619	1,6	1,7	0,239088	3,784711	0,658023	0,197298	2,578404	0,46
4	5	45,71	6064,39	6064,39	0,65	150,294	0,164697	0,164697461	400	576,5	576	0,0109	575,1	574,3	0,0175	1,4	1,7	0,214978	3,596590	0,612771	0,080721	2,040330	0,37
5	7	88,06	15597,28	43693,82	0,65	144,559	1,141362	2,321586303	700	576	572	0,0454	574,3	570	0,0488	1,7	2	0,407953	8,589544	0,707192	0,480696	2,374397	0,62
6	7	45,71	6558,05	6558,05	0,65	150,294	0,178104	0,178104203	400	572,5	572	0,0109	571,1	570	0,0241	1,4	2	0,198257	3,465972	0,580740	0,075694	2,352955	0,32
7	9	53,46	16341,32	66593,18	0,65	140,7014	1,693114	4,19280455	1000	572	569	0,0561	570	566,9	0,0580	2	2,1	0,261174	3,964977	0,700080	0,587303	2,882861	0,31
8	9	51,54	4124,15	4124,15	0,65	150,294	0,112004	0,112004217	400	569,5	569	0,0097	568,1	566,9	0,0233	1,4	2,1	0,126758	2,906413	0,441340	0,053468	2,094794	0,41
9	11	68,13	11785,18	82502,51	0,65	138,8609	2,070166	6,374974682	1100	569	564	0,0734	566,9	561,8	0,0749	2,1	2,2	0,271061	4,052730	0,719986	0,732493	2,826191	0,40
10	11	46,48	3866,13	3866,13	0,65	150,294	0,104997	0,104996688	400	565	564	0,0215	563,6	561,8	0,0387	1,4	2,2	0,092136	2,632014	0,373979	0,042884	2,448384	0,32
11	12	104,74	13943,46	100317,09	0,65	136,5504	2,475167	8,955138642	1200	564	555	0,0859	561,8	552,8	0,0859	2,2	2,2	0,281808	4,156966	0,743079	0,901196	2,746536	0,64
12	16	100,23	22971,17	123283,26	0,65	133,0724	2,964492	11,91963034	1200	555	543	0,1197	552,8	539,8	0,1297	2,2	3,2	0,305508	4,438371	0,801952	0,972191	3,049288	0,55
13	14	65,51	3185,85	3185,85	0,65	150,294	0,086522	0,086521589	400	558	551	0,1068	556,6	549,6	0,1068	1,4	1,4	0,045709	2,141179	0,260196	0,025990	3,329075	0,33
14	15	66,22	3542,66	6728,50	0,65	148,0216	0,179971	0,266492207	400	551	546	0,0755	549,6	544,2	0,0816	1,4	1,8	0,161150	3,173795	0,508050	0,064120	2,806785	0,39
15	16	50,15	3138,88	133150,64	0,65	145,4006	3,498386	3,764878757	700	546	543	0,0598	544,2	539,8	0,0877	1,8	3,2	0,493546	23,608570	0,138301	1,507208	2,321103	0,36
16	18	36,32	12314,92	145465,56	0,65	130,2355	3,423323	7,188200376	1200	543	538	0,1377	539,8	535,8	0,1101	3,2	2,2	0,198804	3,478101	0,583731	0,685493	4,993958	0,12
17	18	26,01	3431,28	3431,28	0,65	150,294	0,093187	0,093187143	400	540	538	0,0769	538,6	535,8	0,1076	1,4	2,2	0,049050	2,187148	0,270343	0,027423	3,398125	0,13
18	Fim	113,37	1122,93	150019,77	0,65	129,6268	3,519397	3,607183688	1200	538	536	0,0176	535,8	533,8	0,0176	2,2	2,2	0,250523	3,876163	0,679541	0,818358	4,293962	0,44
19	20	20,50	2132,19	2132,187	0,65	150,294	0,057906	0,057906191	400	543	541	0,0976	541,6	539,6	0,0976	1,4	1,4	0,032014	1,923791	0,214017	0,019709	2,938059	0,12
20	Fim	18,51	753,68	2885,866	0,65	149,4791	0,07795	0,135855928	400	541	538	0,1621	539,6	536,6	0,1621	1,4	1,4	0,058274	2,302610	0,296352	0,031173	2,500558	0,12

ANEXO A – Mapa de galerias de galerias de águas pluviais de Campo Mourão



ANEXO B – Mapa de galerias de águas pluviais de Campo Mourão
Adaptado

