

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HENRIQUE MATEUS MERLIN ORZENN

**ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO
CRUZAMENTO DA RUA ARARUNA COM A AV. PERIMETRAL
TANCREDO DE ALMEIDA NEVES.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

HENRIQUE MATEUS MERLIN ORZENN

**ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO
CRUZAMENTO DA RUA ARARUNA COM A AV. PERIMETRAL
TANCREDO DE ALMEIDA NEVES.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Rafael Montanhini Soares de Oliveira.

CAMPO MOURÃO
2016



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADA NO CRUZAMENTO DA RUA ARARUNA COM A AVENIDA PERIMETRAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

Por

Henrique Mateus Merlin Orzenn

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 9h00min do dia 25 de Outubro de 2016 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. Eudes José Arantes

(UTFPR)

Prof^ª. Dr^ª. Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

**Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares
de Oliveira**

(UTFPR)

Orientador

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

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

AGRADECIMENTOS

Quero *agradecer*, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. A minha família que sempre me incentivou e apoiou a continuar estudando.

Ao professor Rafael Montanhini Soares de Oliveira por orientar-me no TCC e principalmente em suas explicações e conceitos apresentados durante as aulas que ministrava. Aos demais docentes em geral pelo conhecimento passado em suas aulas.

Aos meus amigos da república Ressacada, pela amizade e companheirismo, pela ajuda nas horas de dificuldade e pelas contas de moradia divididas. A todos os amigos que fiz durante essa jornada, principalmente os das repúblicas Manga Forte, Jurerê e Pelé Marreta, pelos momentos que passamos juntos.

Por fim agradeço a todos os colegas de faculdade que de algum modo contribuíram para que pudesse chegar até aqui.

RESUMO

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.

O crescimento desordenado dos municípios vem gerando impactos ao meio ambiente e a infraestrutura urbana. O aumento da impermeabilização do solo vem causando aumento das enxurradas e conseqüentemente o número de enchentes urbanas. No município de Campo Mourão a situação é a mesma de diversas cidades brasileiras, o município apresenta diversos pontos de inundação. O objetivo deste trabalho é analisar um desses pontos, o cruzamento da Avenida Perimetral Tancredo de Almeida Neves com a Rua Araruna. Com esse estudo propõem-se identificar causas e sugerir possíveis mudanças no trecho para sanar o problema de acúmulo de água no local. Para isso foi realizado levantamento das bocas de lobo existente no local e calculada a vazão necessária para cada área de contribuição. Ainda na fase de análise foram levantados junto a prefeitura do município os dados sobre as galerias pluviais. Esses dados serviram de subsídio para os cálculos de dimensionamento onde foram mantidos os diâmetros existentes e verificados se os trechos de galerias respeitavam os parâmetros exigidos pela norma. No caso das bocas de lobos concluímos que elas estão compatíveis com a necessidade de escoamento da região. Já as galerias apresentaram trechos com alta velocidade e foi necessário redimensioná-las com alteração dos diâmetros nos pontos com problemas.

Palavras-chaves: Drenagem Urbana; Galerias pluviais; Escoamento superficial.

ABSTRACT

ORZENN, Henrique M.M. **Study of Urban drainage located the intersection of Perimeter Avenue Tancredo de Almeida Neves with Araruna Street.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

The disorderly growth of cities has generated impacts to the environment and urban infrastructure. The increase in soil sealing is causing increased runoff and hence the number of urban flow. In the municipality of Campo Mourão the situation is the same in several Brazilian cities, which have several points of flooding. The purpose of this study is to analyze one of these points, the intersection of Perimeter Avenue Tancredo de Almeida Neves with Araruna Street. We propose to identify causes and suggest possible changes in the stretch to remedy the water accumulation problem on site. For this survey was made of the existing sluice gates on site and calculated flow required for each contribution area. Still in the analysis phase were raised by the municipal council data on storm sewers. These data served as a subsidy for sizing calculations where existing and verified diameters were kept to the galleries stretches respected the parameters required by the standard. In the case of burners lobes concluded that they are compatible with the need for drainage of the area. Already the galleries presented with high-speed sections and had to resize them to change the diameter in points with problems.

Keywords: Urban drainage; storm sewers; surface runoff.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 2 - Bacia Hidrográfica	19
Figura 3 - Seção da sarjeta.....	25
Figura 4 - Tipos de boca de lobo.....	26
Figura 5 - Poço de visita típico.	30
Figura 6 - Locação de caixa de ligação.	31
Figura 7 - Fotos da área de estudo sob fortes precipitações.	32
Figura 8 - Croqui da área de estudo.....	33
Figura 9 - Mapa de galerias pluviais do trecho estudado.	34
Figura 10 - Projeção das bocas de lobo no cruzamento estudado	37
Figura 11 - Planta com identificação das áreas de contribuição das bocas de lobo..	39

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Valores para coeficiente de escoamento médio superficial.	22
Tabela 2 - Dimensões das bocas de lobo localizadas no cruzamento da Av. Per. Pres. Tancredo de Almeida Neves com a Rua Araruna	36
Tabela 3 - Vazões necessárias para bocas de lobo.	37
Tabela 4 - Comparativa da vazão de engolimento real das bocas de lobo com a vazão necessária de engolimento da área	38
Tabela 5 - Resultado vazões de engolimento das bocas de lobo sobre fator de redução.....	39
Tabela 6 - Dimensionamento das galerias de água pluviais entre os PV1 ao PV11.	40
Tabela 7 - Dimensionamento das galerias de água pluviais entre os PV30 ao PV105.	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. JUSTIFICATIVA.....	14
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4.1. URBANIZAÇÃO E DRENAGEM.....	15
4.2. HIDROLOGIA.....	17
4.2.1. Ciclo Hidrológico.....	17
4.2.2. Bacia Hidrográfica.....	18
4.2.3 Precipitação.....	19
4.2.4 Tempo De Recorrência.....	20
4.2.5 Tempo De Concentração.....	21
4.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	22
4.4 VAZÃO.....	23
4.4.1 Intensidade máxima de precipitação (i).....	24
4.5 SISTEMAS DE DRENAGEM.....	25
4.5.1 Sarjetas.....	25
4.5.2 Bocas de lobo.....	26
4.5.3 Meios-fios.....	28
4.5.4 Galerias.....	28
4.5.5 Poços de visita.....	29
4.5.6 Tubos de ligação.....	31
5. MATERIAS E METODOS.....	32
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	33
5.2. ANÁLISE DAS BOCAS DE LOBO.....	34
5.3. ANÁLISE DAS GALERIAS DE ÁGUA PLUVIAL.....	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
7. CONCLUSÃO.....	47
REFERENCIAS.....	48
APÊNDICE A – Tabela do dimensionamento das galerias pluviais.....	51
ANEXO A – projeto das galerias pluviais da cidade de campo mourão cedida pela prefeitura municipal.....	56
ANEXO B – Carta Topográfica do Ministério do Exército: escala 1:50.000, 1990, folha SG-22-V-B-1.....	57

1. INTRODUÇÃO

Diversas cidades do país apresentam constantes problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais. O aumento da urbanização junto com a falta de planejamento eleva os riscos desses problemas.

A necessidade de um planejamento urbano relacionado, principalmente, à drenagem urbana, somadas às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo, constituem ingredientes favoráveis à geração de problemas urbanos muitas vezes de difíceis soluções e, na maioria das vezes, que requerem medidas estruturais (obras) onerosas.

Grande parte das cidades brasileiras não possui normas de fiscalização referente à drenagem urbana. Pois segundo Tucci (2002), o Plano Diretor Urbano existe para que cada município introduza o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana.

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, no ano de 2010 a situação passou a ser de 82.483 habitantes na região urbana e 4.508 habitantes na região rural.

O município possui um clima subtropical úmido, tem principalmente durante o verão intensidade de chuva elevada, assim acarretando nessa época surgimento de diversas áreas de alagamento devido à chuva (BORSATO, 2014).

Um ponto que gera grandes transtornos a população e não recebe obras de melhoria e assim apresenta inundação no período de fortes chuvas esta localizado no cruzamento da Rua Araruna com a Avenida perimetral Tancredo de Almeida Neves, o ponto possui tráfego intenso nos horário de pico é uma importante rota para a cidade de Araruna, rodoviária e passagem para a população que se destina ao bairro Lar Paraná, entre outros destinos de locomoção, é de extrema importância para o âmbito social.

O município possui outras áreas que se assemelham a essa, o problema é de tal ordem que é difícil à previsão do sistema para planejamento e controle. O sistema atual deve ser estudado para implantação de soluções adequadas. O

presente trabalho tem como objetivo sugerir possíveis medidas estruturais para diminuição dos problemas de drenagem urbana no cruzamento.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Análise de ponto crítico de acúmulo de água localizado no cruzamento da Rua Araruna com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves na cidade de Campo Mourão, identificando causas e sugerindo possíveis modificações.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar ponto crítico de alagamento durante o período chuvoso, no cruzamento da Avenida Perimetral Tancredo de Almeida Neves e a Rua Araruna;
- Calcular a área do escoamento superficial, que contribui para o ponto crítico de alagamento e calcular a vazão solicitante;
- Avaliar a eficiência dos métodos de micro drenagem executadas na área e indicar as ações que possam solucionar os problemas de alagamento.

3. JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação com o meio ambiente e com os impactos provocados nele devido a ações dos homens, leva a engenharia a buscar maneiras de viver em harmonia com o ambiente sem agredir ou sofrer com os impactos ambientais. No que se refere à drenagem urbana deve se buscar alternativas para controle das enchentes. A justificativa ao desenvolvimento desse trabalho esta ligada a importância de ser ter um sistema de drenagem eficiente, com capacidade de escoamento de chuvas excepcionais, adequando o sistema já existente com medidas para o controle de fontes geradoras de problemas.

As inundações geram muitos prejuízos a população: prejuízos econômicos, casas interditadas, perda de móveis, alimentos, objetos, etc. Já as perdas de vidas, diferente das materiais, não podem ser economicamente mensuradas. Inundações podem esconder buracos e depressões, que elevam os riscos de acidentes a população, além de a corrente de água gerar riscos de vidas por afogamento. Outro risco a população afetada pelas enchentes urbanas são a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Assim como muitas cidades do país, Campo Mourão também sofre com problemas devido a sua urbanização. Segundo informações obtidas na Secretaria de Planejamento Urbana do Município, houve em meados da década 70 um êxodo rural na cidade devido à mecanização da agricultura. Nesse período a cidade teve um crescimento urbano notável e sem controle. A cidade continuou se desenvolvendo e junto com o crescimento começaram os problemas de infraestrutura.

Com grande índice de precipitações e crescimento urbano, a cidade de Campo Mourão começa sofrer com diversos problemas de drenagem de água pluvial. O município ainda esta em fase de criação do Plano de Drenagem Urbana e necessita urgentemente de um planejamento urbanístico para o escoamento das águas pluviais.

Após entrevista informal com moradores da cidade muitos relataram diversos pontos de alagamento no perímetro urbano, onde o mais notável foi o cruzamento da Rua Araruna e a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves. Posteriormente, em visita ao local, ficou contatado que após uma chuva moderada houve alagamento na região.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. URBANIZAÇÃO E DRENAGEM

A concentração da população brasileira nas áreas urbanas, aliada às restrições econômicas que atingem a sociedade e às limitações das administrações públicas em relação ao planejamento e ao controle do uso e ocupação do solo, reforça o caráter informal e aparentemente anárquico da urbanização brasileira (Peixoto, 2005).

Segundo Tucci (1995) o deslocamento da população da área rural para a área urbana nas regiões desenvolvidas de uma forma geral esta relacionada com a oportunidade de trabalho e melhoria na qualidade da educação, saúde e cultura, são esses os responsáveis pelo êxodo rural. Cada vez mais as cidades se desenvolvem e aumenta a população, esse alto índice de crescimento da população gera sérios problemas nas áreas metropolitanas. Os efeitos do processo de crescente populacional são: maior densidade de residências, indústrias e comércios, resultando uma crescente impermeabilização das áreas ocupadas.

A ausência do planejamento urbano na grande maioria das cidades brasileiras traz inúmeros problemas para a população que nelas residem, em decorrência 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 (Porto, 2001).

As consequências das inundações urbanas são visíveis e amplamente divulgadas pela imprensa, tanto falada, como escrita e televisiva, como exemplos, pode-se citar os problemas que sempre ocorrem com as pancadas de verão em cidades como Belo Horizonte, Maceió, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo e também no interior dos estados. Nem sempre estas cheias são consequências diretas da urbanização, mas boa parte delas se deve, ou pelos menos seu agravamento a crescente urbanização destas regiões (Agra, 2001).

Segundo Tucci(1995),com a impermeabilização do solo, a parcela da água que infiltrava passa a aumentar o escoamento superficial. A urbanização elimina os pontos de detenção natural existentes, diminuindo a rugosidade da bacia. Os pequenos canais existentes na configuração natural são substituídos pela tubulação de drenagem.

A falta de compatibilidade entre o urbanismo e a drenagem pluvial levou muitas cidades a terem problemas críticos de inundações internas e agravamento de enchentes e níveis de poluição nos corpos receptores. É interessante notar que as soluções alternativas de drenagem, que fogem do receituário tradicional de transporte rápido por condutos enterrados, são geralmente vistas nos países em desenvolvimento, de forma equivocada, como soluções custosas e complexas, dificultando o desenvolvimento da moderna drenagem urbana (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

Para Tucci (2001) o termo drenagem urbana é entendido como conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações, possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica e sustentável.

O sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá independentemente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO,1986).

Tucci (1995) relata que a microdrenagem urbana é constituída pelas redes de condutos e estruturas hidráulicas em nível de loteamento ou rede primária urbana, as galerias pluviais. Para COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (1986) a drenagem urbana de ruas e avenidas compreende bocas de lobo, tubulações, poços de visita e estruturas acessórias. Devem conduzir águas pluviais desde a sua captação nas ruas, até a sua disposição na drenagem principal.

Os impactos principais devidos á urbanização sobre o sistema de drenagem são o aumento do pico de vazão de cheia, a antecipação no tempo desta vazão máxima e o aumento do escoamento superficial (Campana e Tucci, 1994).

4.2. HIDROLOGIA

A hidrologia é a ciência que estuda os fenômenos relativos às águas em todos os seus estados, a sua distribuição e ocorrência em cada reservatório, e a relação desses fenômenos com as atividades antrópicas (Garcez e Alvares, 1988).

Segundo Tucci e Marques (2000), a Hidrologia é uma ciência interdisciplinar que tem tido evolução significativa em face aos problemas crescentes, resultados da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente do globo. Profissionais de diferentes áreas como engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos, entre outros atuam nas diferentes subáreas dessa ciência.

4.2.1. Ciclo Hidrológico

Pode-se considerar que toda a água utilizável pelo homem provenha da atmosfera, ainda que este conceito tenha apenas o mérito de definir um ponto inicial de um ciclo que na realidade, é fechado (Pinto et al, 1976).

A movimentação de água se dá principalmente pela entrada contínua de radiação solar no sistema terrestre. Essa energia faz com que a água evapore, seja transportada pelo vento, condense e precipite (Tundizi, 2003).

Segundo Tucci (2001), no trajeto em direção à superfície terrestre a precipitação já sofre evaporação. Já a água que cai sobre um solo com cobertura vegetal, parte do seu volume precipitado sofre interceptação em folha e caules, de onde evaporam.

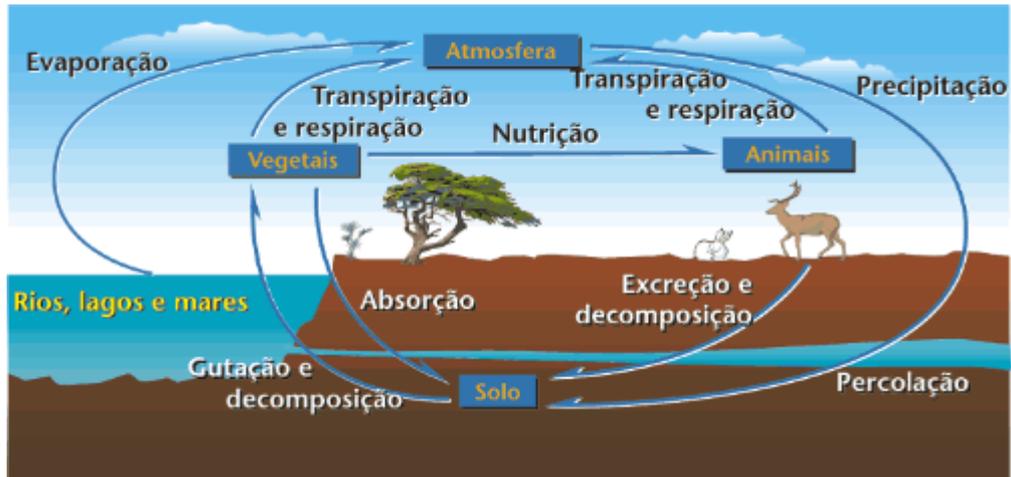


Figura 1 - Ciclo Hidrológico.

Fonte: <http://www.daev.org.br/educacao/ciclodaagua.asp>

A água que se infiltra no solo, por sua vez é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que através da transpiração, retorna à atmosfera. Este processo chamado é chamado de evapotranspiração. (Carvalho e Silva, 2006). O que os vegetais não aproveitam percola para o lençol freático que normalmente contribui para o escoamento de base dos rios (Tucci, 2001).

As águas superficiais, através da ação do calor, evaporam e voltam à atmosfera, de onde o ciclo se reinicia. Porém, as águas que se movimentam através do ciclo hidrológico completam esse ciclo em períodos diferentes de tempo (Dacach, 1979).

4.2.2. Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica definida por Silveira (2000) pode ser considerada como um sistema físico onde toda a entrada é o volume precipitado e a saída é o volume escoado pelo exutório.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem ate resultar um leito único no exutório (Tucci, 2001). A determinação da área desses sistemas

leva em consideração características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, tipo de cobertura e uso da terra (Morais e Almeida, 2010).

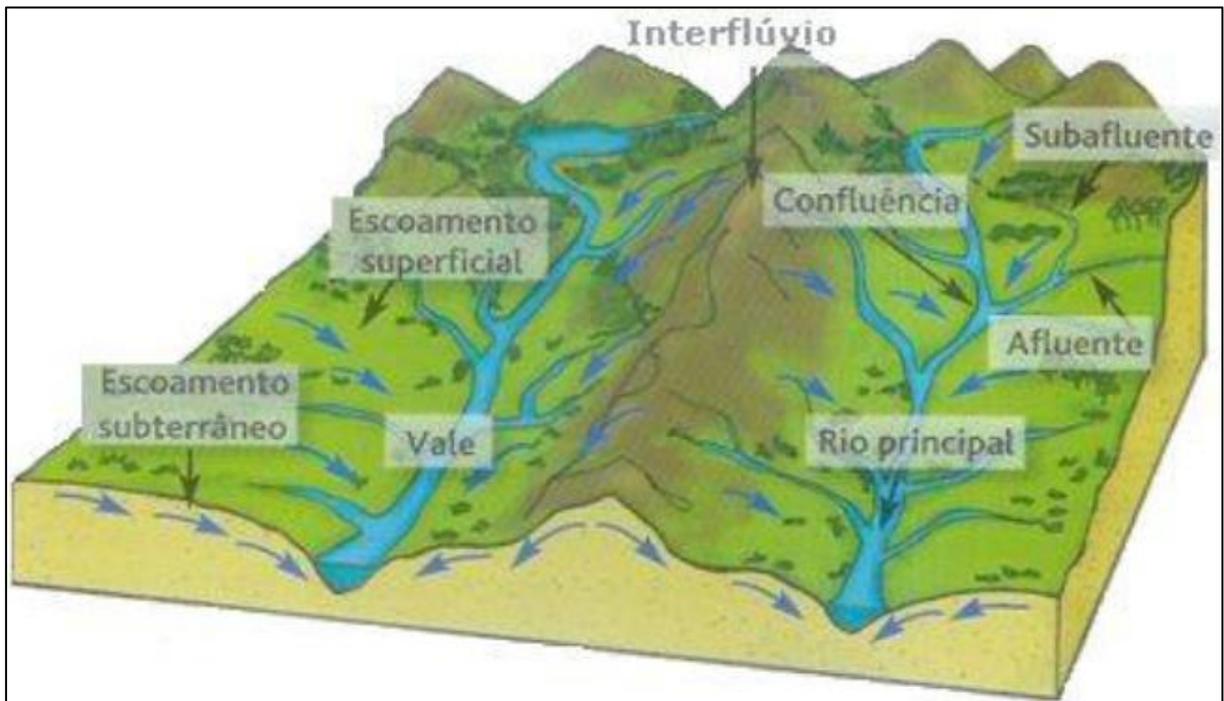


Figura 2 - Bacia Hidrográfica
Fonte: www.prof2000.pt

4.2.3 Precipitação

Para Pinto et al (1976) entende-se por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

Como o foco de atenção deste trabalho são as precipitações em forma de chuva, será focado nesta forma de precipitação.

As características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuição temporal e espacial (Tucci, 2001). A formação das precipitações atmosféricas ocorre através do ar quente e úmido que, elevando-se por expansão adiabática, se resfria até obter seu ponto de saturação. Uma parte deste vapor se condensa em aerossóis de gotículas de água formando as nuvens, essas gotículas são mantidas em suspensão pelo efeito da turbulência ou de correntes de ar

ascendentes. Quando elas atingem tamanho necessário (gota) para vencer a resistência do ar, deslocam-se em direção do solo formando as precipitações (Villela e Mattos, 1975).

4.2.4 Tempo De Recorrência

Para Tucci (2001), tempo de recorrência é o número médio de anos em que se espera que uma precipitação seja igualada ou superada e o seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, ocorra em um ano qualquer.

Para as obras de engenharia a sua segurança e durabilidade frequentemente associam-se a tempo ou período de recorrência cujo significado refere-se ao espaço de tempo em anos onde provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude pelo menos uma vez. No caso dos dispositivos de drenagem este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento de modo que a estrutura indicada resista a estas enchentes sem risco de superação, resultando desta forma a designação usual de descarga de projeto. A escolha do tempo de recorrência da enchente de projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão a ser adotada no projeto de uma determinada obra, depende da comparação do custo para sua implantação e da perspectiva dos prejuízos resultantes da ocorrência de descargas maiores do que a de projeto, levando-se em conta que quanto maior o tempo de recorrência mais onerosa será a obra, porém os prejuízos decorrentes da insuficiência a esta vazão serão menores, resultando menores despesas de reposição ou reparos. (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2005).

Em se tratando de obras de canalização de cursos d'água de pequenas bacias de drenagem para controle de inundação, como é o caso comum, os problemas são obviamente pequenos e, portanto, o período de retorno a ser adotado será em geral, de acordo com a importância de obra, este período varia de 5 a 50 anos (Delgado, 2008).

4.2.5 Tempo De Concentração

Tempo de concentração relativo a uma seção de um curso de água é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo (PINTO et al, 1976).

Sugere-se que o tempo de duração da chuva para aplicação do método racional seja limitado a um valor mínimo de 10 min. Assim, em pequenas bacias, quando se obtiverem valores menores que 10 min, deve-se adotar $tp = 10$ min (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1986).

Segundo a SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (2002) o tempo de concentração das bacias urbanas será a soma dos tempos de permanência de cada trecho. Cada parcela será a soma do tempo de concentração do trecho anterior com a soma do tempo de permanência do trecho em estudo.

$$tc(i) = tc(i - 1) + tp(i) \quad (1)$$

Onde:

$tc(i-1)$ = tempo de concentração de trecho anterior em minutos;

$tp(i)$ = tempo de permanência do trecho i em minutos.

O segundo tempo de concentração (tempo no interior das galerias) pode ser obtido através das características hidráulicas de fluxo, aplicando a equação de Manning.

$$V = Rh^{2/3} * S^{1/2} * n^{-1} \quad (2)$$

Onde:

V = velocidade em m/s;

Rh = Raio hidráulico em m;

S = declividade no trecho do canal;

n = número de Manning do material do conduto.

Calculado a velocidade no trecho e sabendo o comprimento L do mesmo, aplico a equação do movimento retilíneo e uniforme para achar o tempo de escoamento do percurso.

$$V = L/t_c \quad (3)$$

Sendo;

V = velocidade de escoamento em m/s;

L = comprimento do trecho do canal em m;

t_c = Tempo de concentração no trecho.

4.3 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. O escoamento em bacias urbanas é regido pela influencia do homem através de superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais (Tucci, 2001).

4.4 VAZÃO

Segundo Pinto et al (1976) é o volume de água que escoar em uma unidade de tempo e em determinada seção de um conduto livre ou conduto forçado. Isto significa que a vazão é a rapidez com a qual um volume escoar.

Para transformação chuva-vazão, será realizado o Método Racional. De acordo com (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002) os princípios básicos dessa metodologia são:

- 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, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade.
- Adota 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.

A equação do modelo é definida pela equação:

$$Q_{max} = 0,278 C * i_{max} * A \quad (4)$$

Onde:

$Q_{máx}$ = vazão máxima (em m³/s);

C = coeficiente de escoamento médio superficial ponderado;

$i_{máx}$ = máxima intensidade da precipitação (em mm/h);

A = área da bacia contribuinte não controlada por MCs (em km²).

TABELA 1 - Valores para coeficiente de escoamento médio superficial.

Descrição das Áreas da Bacia	Faixa de Variação
Comercial	
Área Central	0,70 a 0,95
Área de periferia do centro	0,50 a 0,07
Residencial	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas.	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas.	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamento	0,50 a 0,70
Industrial	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitério	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte:Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem(DNIT, 2005).

4.4.1 Intensidade máxima de precipitação (i)

Segundo Pinto et al (1976) a intensidade considerada no método racional é um valor médio no tempo e no espaço. A intensidade instantânea de uma precipitação sobre um determinado pluviógrafo, a intensidade a ser considerada para a aplicação de método racional é a máxima média observada num certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado. O intervalo de tempo que corresponde à situação crítica será igual ao tempo de concentração da bacia.

A intensidade pode ser obtida pela seguinte equação:

$$i_{máx} = \frac{K * T_R^m}{(t + t_0)^n} \quad (5)$$

Onde:

T_r = Tempo de Retorno;

t = Duração da chuva;

K , m , n e t_0 = Constantes características de diversas cidades do Brasil.

4.5 SISTEMAS DE DRENAGEM

O funcionamento de um sistema de drenagem segundo Tucci; Porto; Barros (1995) As águas que escoam superficialmente pelas ruas são captadas por canaletas laterais chamadas de sarjetas. Para interceptar as águas que escoam pelas sarjetas e conduzi-las à tubulação pluvial, empregam-se as bocas de lobo. A sua utilização objetiva evitar o escoamento em cruzamentos de rua, então chamadas de pontos baixos, e evitar o aumento do escoamento acima da capacidade da sarjeta, ai chamadas de intermediarias. As águas captadas pela drenagem pluvial e pelas bocas de lobo são conduzidas a tubulação. As tubulações conduzem as saídas, que podem ser em galerias, podendo ter diversas formas, ou a canais a céu aberto, conhecidos como emissários.

4.5.1 Sarjetas

Para Tucci (2001) sarjetas são faixas de via publica, paralela ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias publicas e que elas escoam.

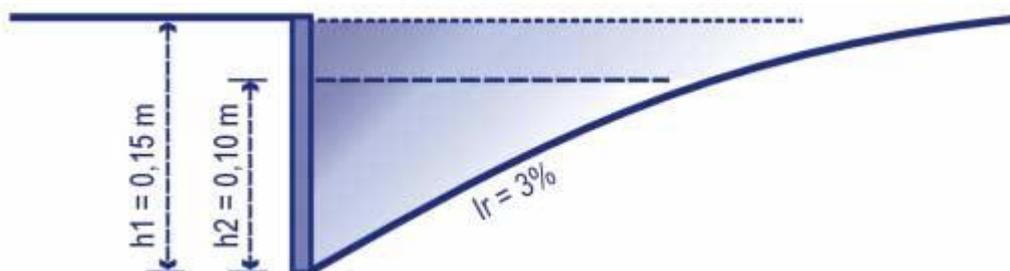


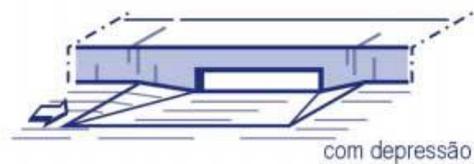
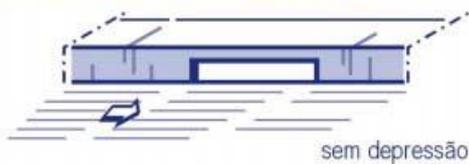
Figura 3 - Seção da sarjeta.
Fonte: TUCCI (2001, p. 830).

4.5.2 Bocas de lobo

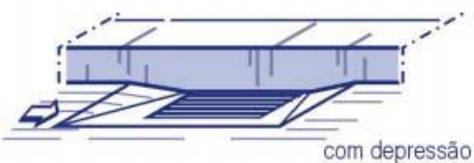
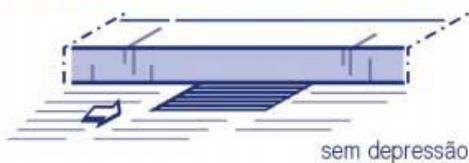
Segundo Tucci (2001) bocas de lobos são dispositivos localizados em pontos convenientes nas sarjetas para captação de águas fluviais.

As bocas coletoras (bocas-de-lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto a depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla).

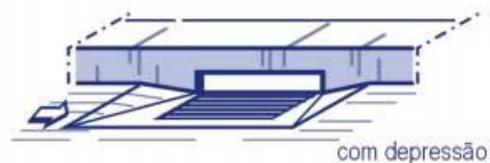
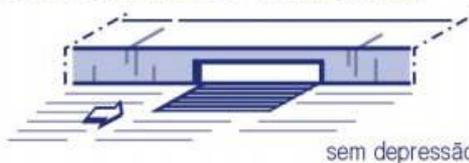
a. BOCA-DE-LOBO DE GUIA



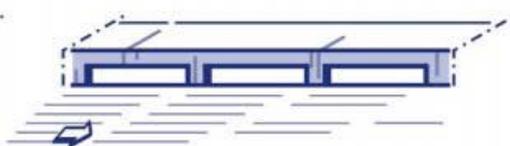
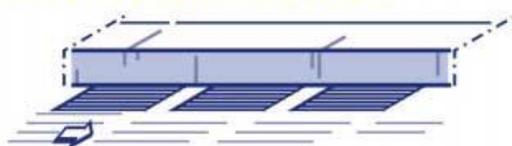
b. BOCA-DE-LOBO COM GRELHA



c. BOCA-DE-LOBO COMBINADA



d. BOCA-DE-LOBO MÚLTIPLA



e. BOCA-DE-LOBO COM FENDA HORIZONTAL LONGITUDINAL

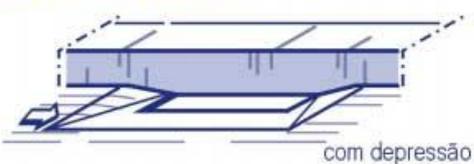
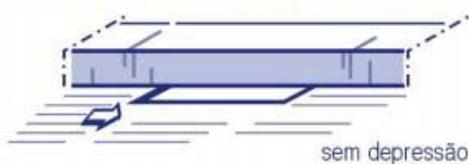


Figura 4 - Tipos de boca de lobo
Fonte: SUDERHSA (2002, p. 104-105).

A locação das bocas-de-lobo deve considerar as seguintes recomendações:

- Serão locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- Serão locadas nos pontos baixos da quadra; • a localização das bocas-de-lobo deve ser determinada através do cálculo da capacidade hidráulica da sarjeta, considerando-se uma altura do meio-fio de 0,15 m e uma largura da lâmina d'água variável;
- A melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- Não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo (DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS, 2005).

Segundo Netto (1998), bocas de lobo do tipo guia podem ser consideradas como um vertedor, sua capacidade de engolimento pode ser determinada por:

$$Q = (1,7 * L * y)^{2/3} \quad (6)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento da boca de lobo em m/s³;

L = Comprimento da soleira em m;

y = altura da lamina de água próxima à abertura, na guia em m.

Bocas de lobo com grelha trabalham com vertedores de soleira livre são calculados pela equação (6) substituindo L por P onde P é o perímetro do orifício em metros. Essa equação só é válida para altura de lamina águas para até 12 cm (Tucci et al.1995).

4.5.3 Meios-fios

Segundo Tucci; Porto; Barros (1995) Meios-fios são elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

4.5.4 Galerias

Segundo Tucci; Porto; Barros (1995) galerias são canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas.

Dimensionamentos de galerias são feitos com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning. O calculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria. (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002). Tal calculo segue a formula de Manning:

$$Q = \left(\pi * \frac{D^2}{4n} \right) * (D/4)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad (7)$$

Onde:

Q = Vazão da galeria em l/s;

D = Diâmetro da galeria em m;

n = rugosidade;

S = Declividade da seção em m/m

Para o valor da rugosidade a norma ABNT NBR 9649:1986 é recomendada $n=0,0013$ para galerias de concreto. A declividade mínima recomendada pela norma é determinada pela equação:

$$I_0 = 0,0055 * Q_i^{-0,47} \quad (8)$$

Onde:

I_0 = Declividade mínima em m/m;

Q_i = Vazão inicial em l/s.

A ABNT NBR 9649:1986 diz que o cobrimento das galerias não deve ser inferior a 0,90 metros para coletores assentados na linha de tráfego e 0,65 metros para coletores assentados no passeio, recobrimento menor deve ser justificado. Ainda em relação as galerias a ABNT NBR 9649:1986 informa que a máxima declividade admissível é aquela para qual a velocidade seja igual ou menor que 5 metros por segundo.

4.5.5 Poços de visita

Segundo Tucci; Porto; Barros (1995) Poço de Visita é um dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações.

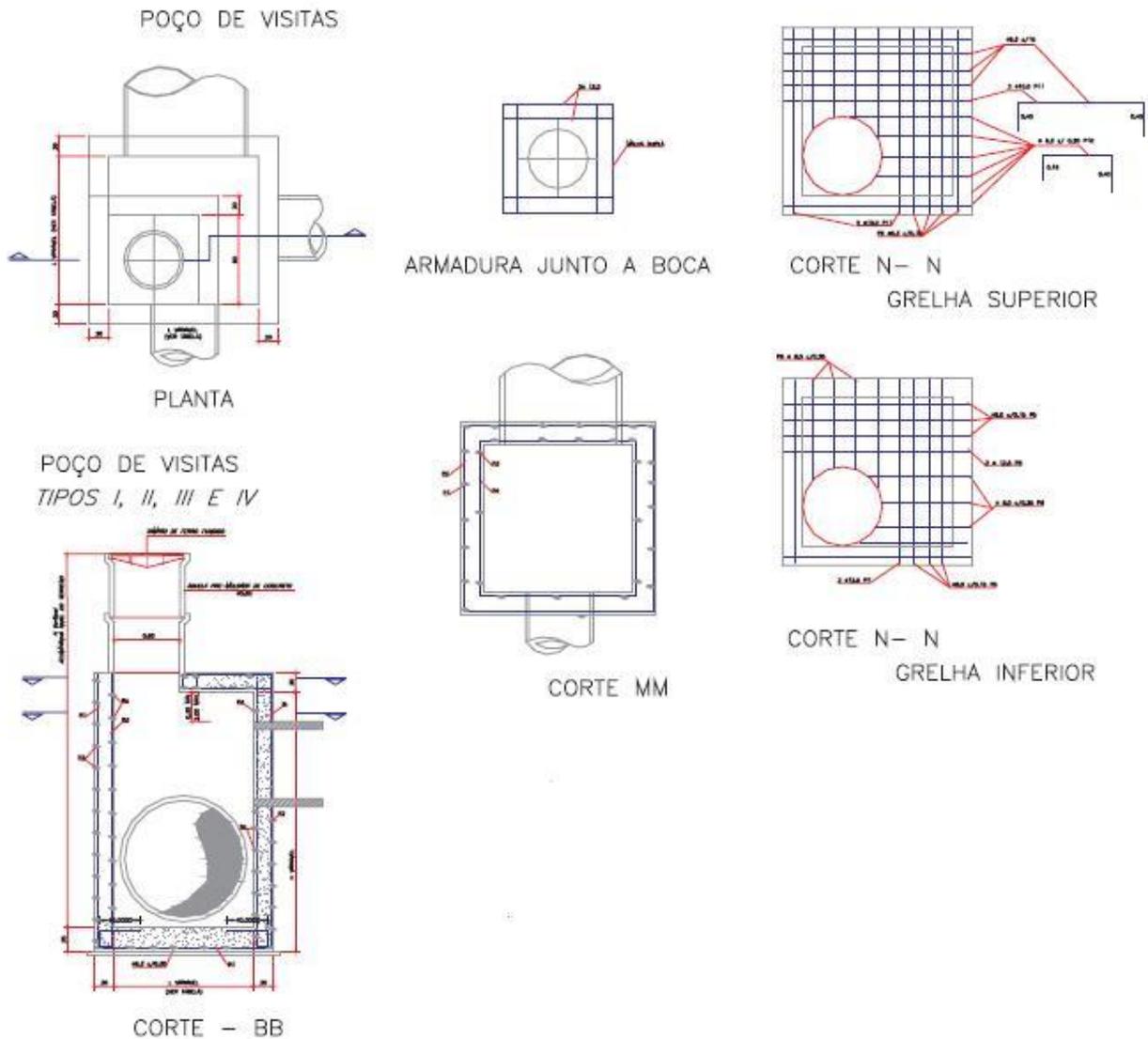


Figura 5 - Poço de visita típico.
 Fonte: Drenagem Urbana – Manual de Projeto, 1980.

Segundo Tucci; Porto; Barros(1995) poços de visita tem função primordial de permitir o acesso às canalizações para efeito de limpeza e inspeção, de modo que se possam mantê-la em bom estado de funcionamento.

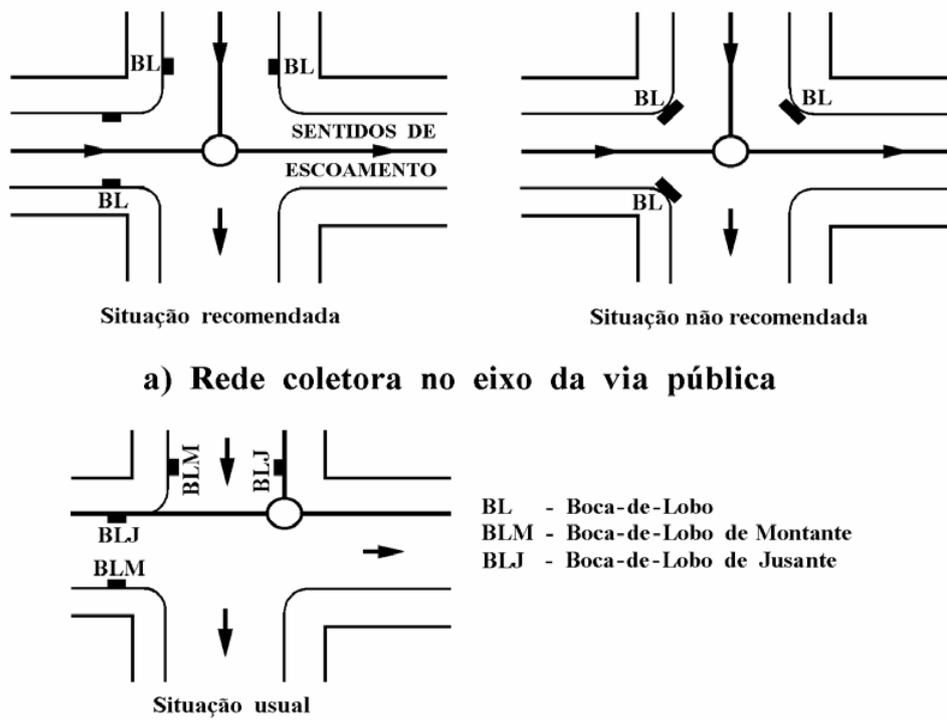


Figura 6 - Locação de caixa de ligação.
 Fonte: TUCCI (2001, p. 827).

4.5.6 Tubos de ligação

Segundo Tucci (2001) os tubos de ligação são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita.

5. MATERIAS E METODOS

Para este estudo foram realizadas quatro visitas a Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Campo Mourão para obtenção de dados referente da região de enchente, mapa da rede de drenagem urbana, memorial de cálculo das galerias e informações pertinentes da região. Na secretaria foi adquirido apenas o mapa completo da rede de drenagem de Campo Mourão, com as dimensões existentes. Demais dados para estudo do local não foram repassados ou encontrados. O mapa completo da rede de drenagem de Campo Mourão pode ser visto no anexo 1.

O estudo da área escolhida caracteriza-se pelo levantamento in loco do ponto de acumulo de água. O levantamento foi realizado visualmente durante as precipitações ocorridas no período de agosto a outubro de 2015. Nesse período foi fotografado e analisado o ponto problemático com diferentes níveis de precipitação.

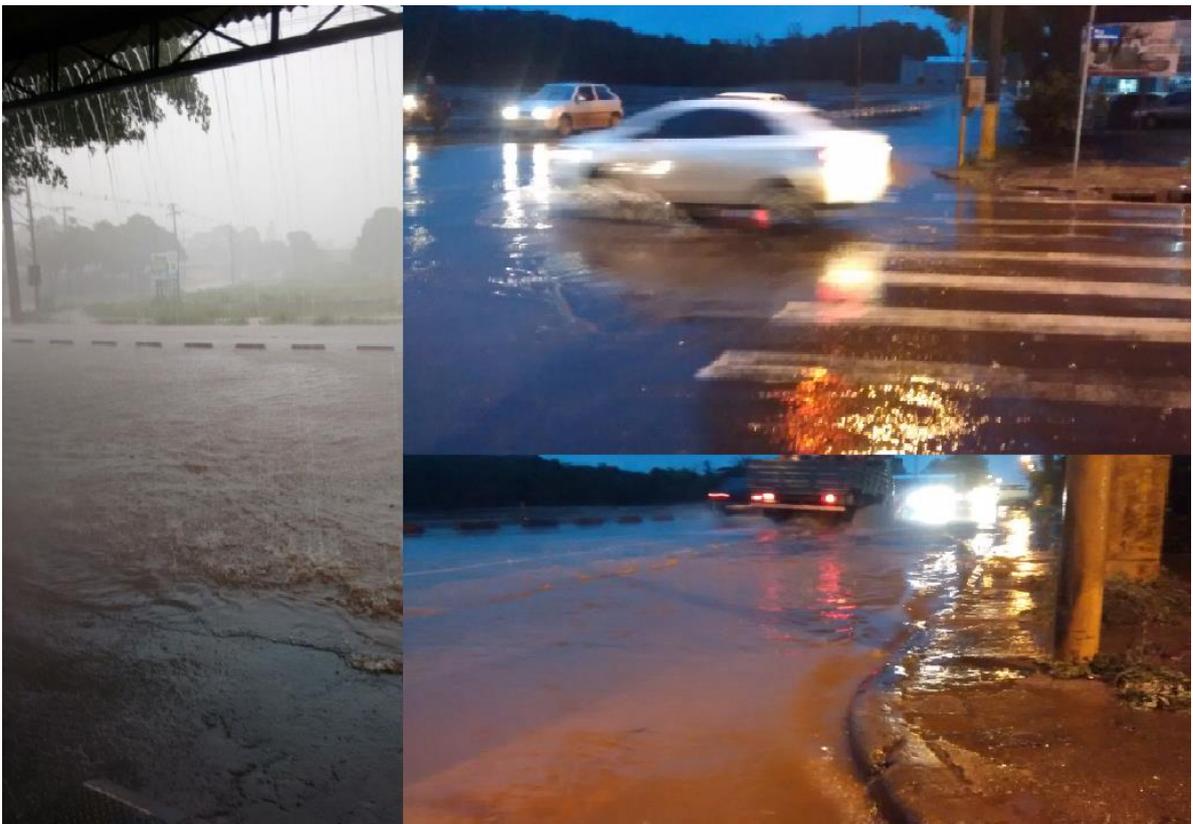


Figura 7 – Fotos da área de estudo sob fortes precipitações.

Fonte: Autoria própria.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho se refere a um cruzamento entre a Rua Araruna e Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves, localizada na cidade de Campo Mourão- PR, nas coordenadas $24^{\circ}03'78.24''\text{S}$ e $52^{\circ}38'69.99''\text{O}$. O município de Campo Mourão está localizado na região Centro-Occidental do estado do Paraná. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014), o município possui área total de $757,845\text{ km}^2$ e estimativa de 92.300 habitantes.

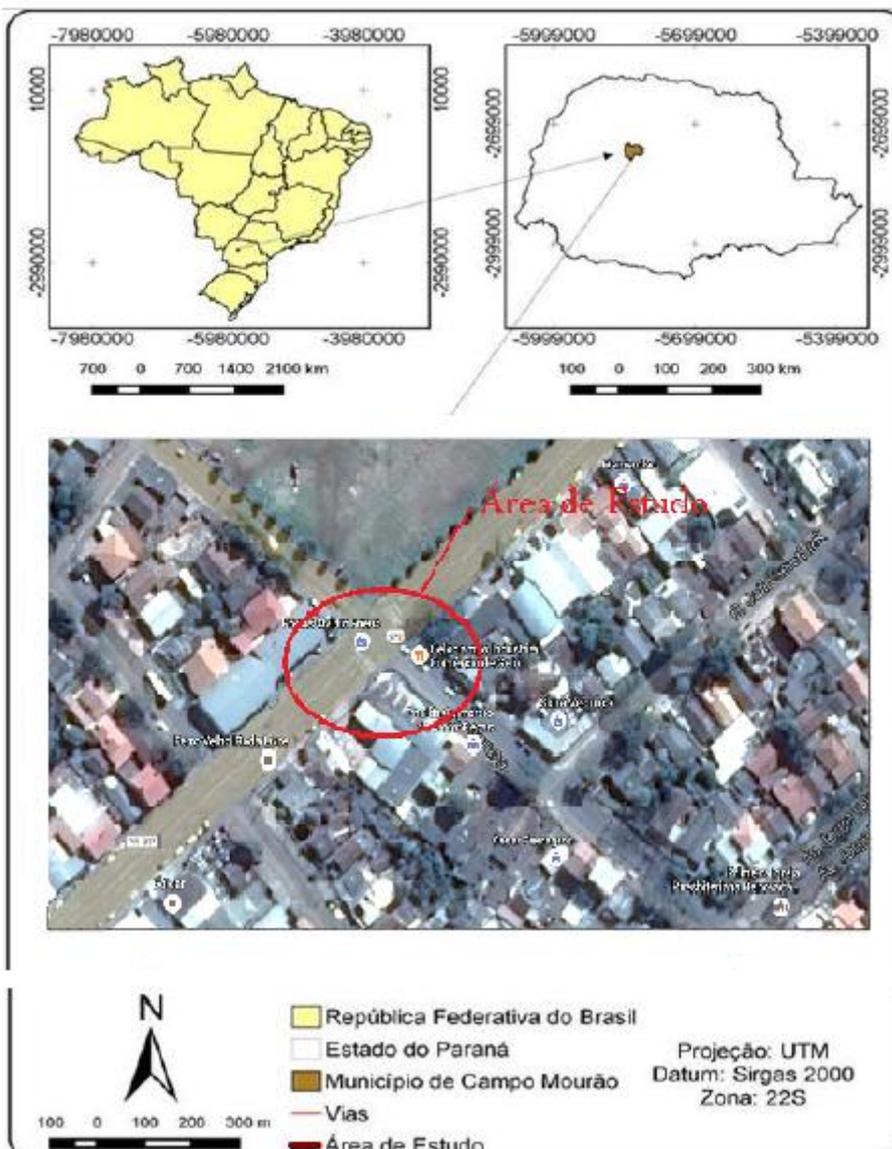


Figura 8 - Croqui da área de estudo.
Organização: Henrique Mateus Merlin Orzenn (2015)

Já que Campo Mourão não detém equação da intensidade máxima de chuva definida, foi considerada a equação de Ayres & Lopes (1985) da cidade de Cianorte, a equação foi adotada devido à proximidade entre as duas cidades. Obtendo valores de intensidade de chuva mais próximos da realidade de Campo Mourão.

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{2115,18 * T_R^{0,148}}{(t + 22)^{0,849}} \quad (9)$$

Onde:

T_r = Tempo de Retorno;

t = Duração da Chuva.

Seguindo recomendação da SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (2002), foi considerado o tempo de concentração de 10 minutos para todas as áreas e tempo de recorrência de 10 anos. O valor da intensidade máxima de chuva para todas as bocas de lobo foi de 156,85 mm/h.

Utilizou-se a equação 6 para dimensionar a vazão máxima de engolimento das bocas de lobo.

E por fim compararam se os equipamentos de drenagem da área estão compatíveis com o escoamento de água nos picos de vazões da região.

5.3. ANÁLISE DAS GALERIAS DE ÁGUA PLUVIAL.

Para análise das galerias de água pluvial da área, foi realizado um estudo de toda a rede que contribui para o escoamento de água na região.

Para definição das áreas de contribuição foi feito o cruzamento entre a carta topográfica do Ministério do Exército: escala 1:50.000, 1990, folha SG-22-V-B-1. (Brasil/ Ministério do Exército, 1990) e a planta de galerias pluviais de Campo Mourão, levando em consideração loteamento das quadras e declividade de cada região.

Os fatores utilizados para a aplicação do Método Racional foram os mesmo das análises das bocas de lobo, coeficiente de escoamento (C) igual a 0,6 e equação 9 para a intensidade máxima de chuva para a cidade de Cianorte – PR.

Usando a formula de Manning, equação 7, verificou-se a velocidade e o diâmetro mínimo compatível para os trechos.

O valor utilizado no dimensionamento das galerias foi para $y_d/D = 1$. Outros autores da literatura apresentam esse valor podem ser variado de 0,75 a 1.

A rede foi dimensionada utilizando os diâmetros apresentados na planta de galerias pluviais de Campo Mourão. Após o dimensionamento foram identificados os trechos problemáticos, os quais foram redimensionados para suportar o escoamento de agua pluvial.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. ANÁLISES DAS VAZÕES CRÍTICAS PARA AS BOCAS DE LOBO

Foram coletadas as dimensões das bocas de lobo no cruzamento em estudo. Para melhor apresentá-las, criou-se um mapa de localização de cada boca de lobo apresentada na Figura 10 e uma tabela com as dimensões de cada boca de lobo, Tabela 2.

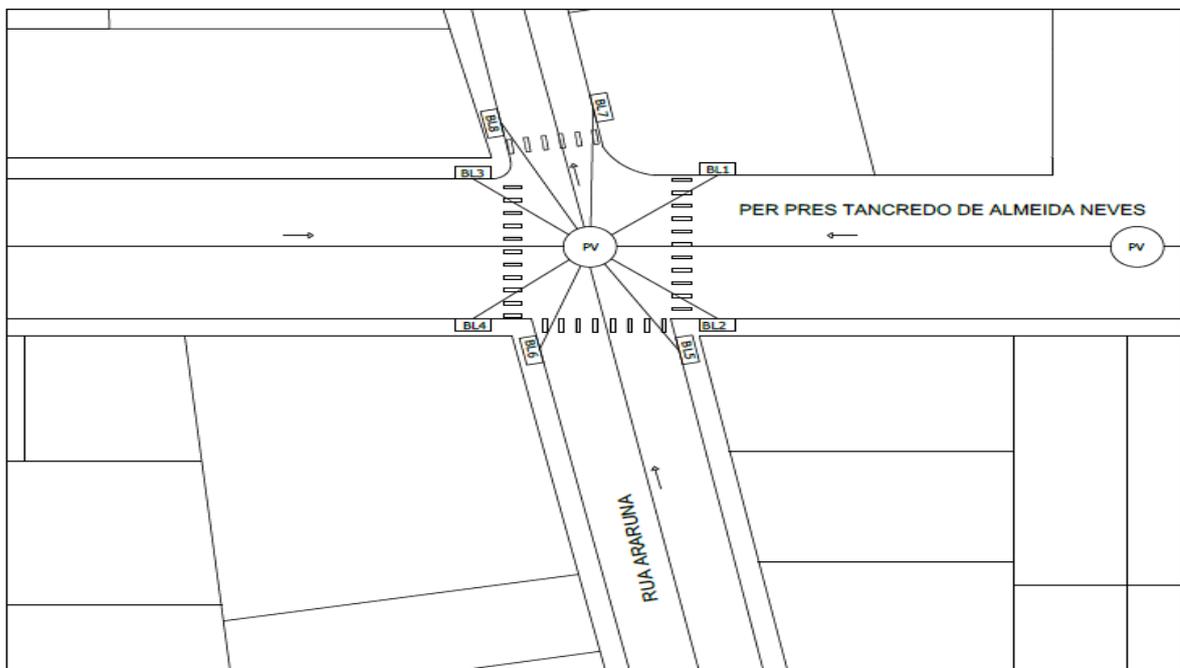


Figura 10 - Projeção das bocas de lobo no cruzamento estudado

Fonte: Autoria própria.

TABELA 2 – Dimensões das bocas de lobo localizadas no cruzamento da Av. Per. Pres. Tancredo de Almeida Neves com a Rua Araruna.

Boca de Lobo	Tipo	Dimensão da BL			Dimensão da Grelha		
		Qtde	Comprimento	Altura	Qtde	Comprimento	Largura
BL1	Combinada	1	0,6	0,15	1	0,6	0,10
BL2	Combinada	1	0,6	0,15	1	0,6	0,30
BL3	Combinada	1	0,6	0,15	1	0,6	0,30
BL4	Combinada	1	0,6	0,15	1	0,6	0,20
BL5	Combinada	2	0,6	0,15	2	0,6	0,15
BL6	Combinada	2	0,6	0,15	2	0,6	0,20
BL7	Combinada	2	0,6	0,15	2	0,6	0,30
BL8	Combinada	1	0,6	0,15	1	1,2	0,30

Fonte: Autoria própria.

Todas as bocas de lobo no cruzamento são combinadas. Apesar das bocas serem do mesmo padrão, as grelhas possuíam dimensões diferentes. As bocas de lobo: BL5; BL6; BL7 eram ainda múltiplas.

Após cruzamento entre a carta topográfica do Ministério do Exército: escala 1:50.000, 1990, folha SG-22-V-B-1. (Brasil/ Ministério do Exército, 1990) e a planta de galerias pluviais de Campo Mourão gerou-se uma planta com determinação das áreas de contribuição para cada boca de lobo. A Figura 11 ilustra as áreas de contribuição para as bocas de lobo no cruzamento entre a Avenida perimetral Tancredo de Almeida Neves e a Rua Araruna.

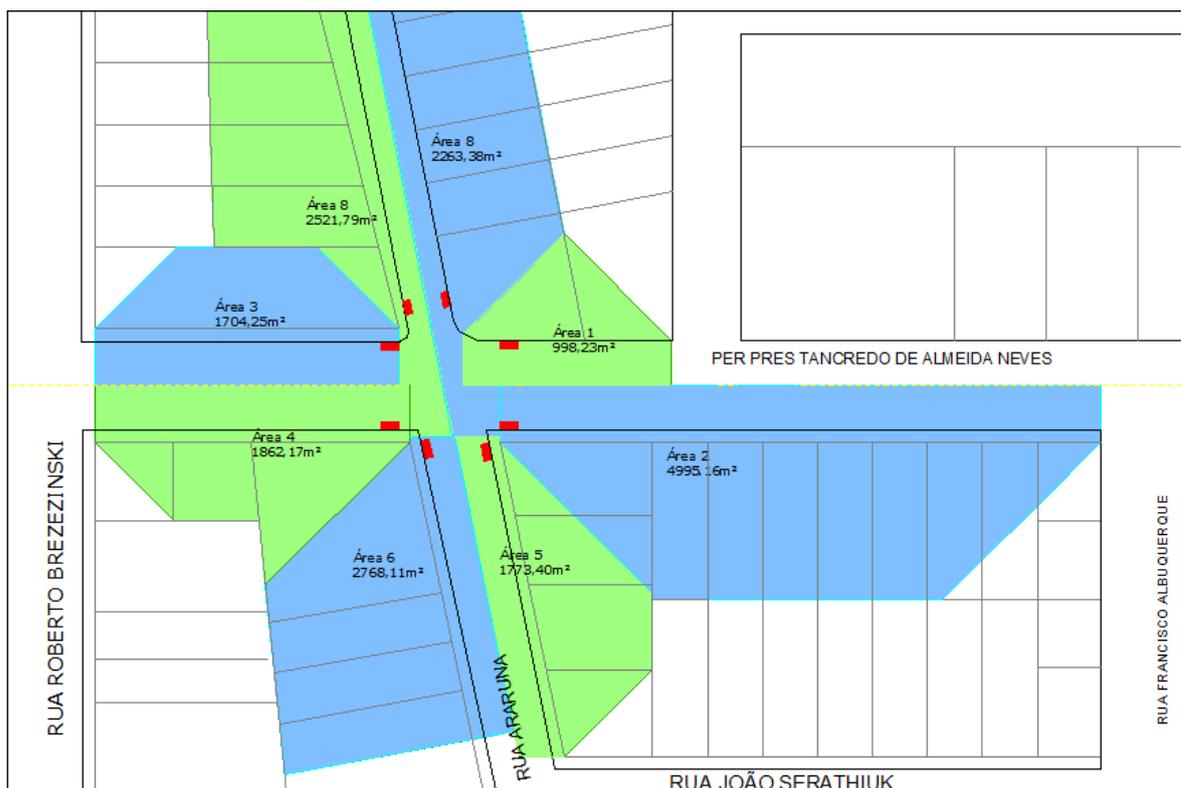


Figura 11 - Planta com identificação das áreas de contribuição das bocas de lobo.

Fonte: Autoria própria.

Após levantar às áreas de contribuição, foi dimensionada a vazão necessária para cada boca de lobo. Os resultados são apresentados na tabela 3 a seguir.

TABELA 3 – Vazões necessárias para bocas de lobo

Boca de Lobo	Tipo	Área de Contribuição (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Vazão (l/s)
BL1	Combinada	0.00100	0.026	26.12
BL2	Combinada	0.00500	0.131	130.68
BL3	Combinada	0.00170	0.045	44.59
BL4	Combinada	0.00186	0.049	48.72
BL5	Combinada	0.00177	0.046	46.40
BL6	Combinada	0.00277	0.072	72.42
BL7	Combinada	0.00226	0.059	59.21
BL8	Combinada	0.00252	0.066	65.98

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 4 são apresentadas as vazões de engolimento das bocas de lobos dimensionadas seguindo dimensões coletadas in loco e realizado um comparativo com as vazões necessárias para as áreas de contribuições.

TABELA 4 – Comparativa da vazão de engolimento real das bocas de lobo com a vazão necessária de engolimento da área

Boca de Lobo	Tipo	Dimensões da BL				Grelha					Vazão de engolimento da boca de lobo + grelha		Vazão necessária	
		Qtde	L (m)	h (m)	y (m)	Q1(m³/s)	Q1 (l/s)	Qtde	P (m)	y (m)	Q2 (m³/s)	Q2 (l/s)		Qi (l/s)
BL1	Combinada	1	0.6	0.15	0.15	0.0598	59.85	1	0.8	0.15	0.0921	92.14	151.99	26.12
BL2	Combinada	1	0.6	0.15	0.15	0.0598	59.85	1	1.2	0.15	0.1693	169.27	229.12	130.68
BL3	Combinada	1	0.6	0.15	0.15	0.0598	59.85	1	1.2	0.15	0.1693	169.27	229.12	44.59
BL4	Combinada	1	0.6	0.15	0.15	0.0598	59.85	1	1	0.15	0.1288	128.77	188.61	48.72
BL5	Combinada	2	0.6	0.15	0.15	0.1197	119.69	2	0.9	0.15	0.2199	219.89	339.58	46.40
BL6	Combinada	2	0.6	0.15	0.15	0.1197	119.69	2	1	0.15	0.2575	257.54	377.23	72.42
BL7	Combinada	2	0.6	0.15	0.15	0.1197	119.69	2	1.2	0.15	0.3385	338.54	458.23	59.21
BL8	Combinada	1	0.6	0.15	0.15	0.0598	59.85	1	2.4	0.15	0.4788	478.77	538.62	65.98

Fonte: Autoria própria.

Com os resultados das vazões necessárias e capacidade de engolimento das bocas de lobo, podemos concluir que se em perfeito estado de funcionamento as bocas de lobo são capazes de suportar chuvas elevadas sem causar problemas à população.

A SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (2002) recomenda a utilização de um fator de redução para a capacidade de escoamento calculada das bocas de lobo devido obstrução causada por detritos, este fator para boca de lobos combinada é de 65% do valor teórico.

Mesmo utilizando o fator de redução recomendada pela SUDESHSA, os resultados apresentados na tabela 5 demonstram que as bocas de lobo satisfazem as vazões necessárias de engolimento.

TABELA 5 – Resultado vazões de engolimento das bocas de lobo sobre fator de redução

Vazão de engolimento da boca de lobo + grelha	Vazão de engolimento com fator de redução.	Vazão necessária	Engolimento compatível com a vazão de contribuição
Qi (l/s)	Qi (l/s)	Qi (l/s)	
151.99	98.79	26.12	Ok
229.12	148.93	130.68	Ok
229.12	148.93	44.59	Ok
188.61	122.60	48.72	Ok
339.58	220.73	46.40	Ok
377.23	245.20	72.42	Ok
458.23	297.85	59.21	Ok
538.62	350.10	65.98	Ok

Fonte: Autoria própria.

6.2. ANÁLISES DAS VAZÕES CRÍTICAS PARA AS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Tendo como principio manter a menor profundidade de escavação e velocidade de escoamento do trecho menor que 5 m/s como recomenda a ABNT NBR 9649:1986, a galeria de contribuição para a área estudada foi dimensionada mantendo os diâmetros apresentados no mapa de galerias pluviais de Campo Mourão. Após o dimensionamento foram localizados os trechos problemáticos.

Os dados a seguir são apresentados para os trechos de galerias onde foram apresentados incompatibilidade de resultado com as recomendações da norma. A tabela 6 apresenta resultados para os trechos entre o PV 1 ao PV 11. Verificou-se velocidades superiores a recomendada pela norma a partir do PV 9, devido a grande declividade do terreno. Também devem ser observados que foram considerados os poços de visitas juntos com os poços de queda, isso devido a grande diferença de cotas dos terrenos. Essas considerações foram necessárias para que as velocidades não ultrapassassem os 5 m/s. Já a tabela 7 demonstra o

dimensionamento dos trechos PV 30 até o PV 105. Os problemas de velocidade apareceram a partir do PV 37.

TABELA 6 – Dimensionamento das galerias de água pluviais entre os PV 1 ao PV 11

Trecho	Comprimento (m)	Área de contribuição (km²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva	Vazão (L/s)		Diâmetro da Tubulação (m)	Declividade (m/m)	Profundidade		Velocidade (m/s)
					Mont	Jusa			Mont	Jusa	
1-2	120	0.0216	12.63	106.46	0	383.58	0.80	0.001	1.70	1.80	0.76
2-3	120	0.0216	13.95	102.56	383.58	369.53	0.80	0.003	1.80	2.20	1.52
3-4	120	0.0224	14.88	99.98	753.11	373.54	0.80	0.007	2.20	4.00	2.15
4-5	120	0.0213	15.90	97.30	1126.65	345.49	1.00	0.004	4.00	3.50	1.97
5-6	90	0.0216	16.20	96.53	1472.14	347.50	1.00	0.027	4.50	1.90	4.99
6-7	90	0.0056	16.50	95.78	1819.64	90.17	1.00	0.027	2.50	1.90	4.99
7-8	90	0.0155	16.80	95.03	1909.81	245.72	1.00	0.027	6.50	1.90	4.99
8-9	90	0.0078	17.10	94.30	3536.17	123.24	1.00	0.027	3.50	1.90	4.99
9-10	92	0.0132	17.36	93.68	3659.41	206.41	1.00	0.037	5.50	1.90	5.87
10-11	92	0.0087	17.62	93.08	4624.90	135.23	1.00	0.039	2.00	4.60	6.04
12-13	120	0.0185	12.63	106.46	0	329.26	0.80	0.001	1.70	3.80	0.76
13-14	120	0.0204	13.12	104.98	329.26	356.73	0.80	0.024	3.80	1.70	4.09
14-15	120	0.0194	14.12	102.09	686.00	330.32	0.80	0.006	1.70	4.40	2.01
15-7	120	0.0218	14.85	100.07	1016.32	364.32	0.80	0.011	4.40	5.70	2.74
16-17	120	0.0223	11.86	108.89	0	404.68	0.80	0.002	1.70	2.90	1.07
17-9	120	0.0203	13.18	104.81	404.68	354.39	0.80	0.003	2.90	2.30	1.52

TABELA 7 – Dimensionamento das galerias de água pluviais entre os PV 30 ao PV 105

Trecho	Comprimento (m)	Área de contribuição (km²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva	Vazão		Declividade	Diâmetro da Tubulação (m)		Profundidade	Velocidade	
					Mont	Jusa		Mont	Jusa			
30-31	120	0.017	10.90	112.08	0	314.09	314.09	0.80	0.008	1.70	1.70	2.23
31-32	120	0.017	11.53	109.96	314.09	308.15	622.24	0.80	0.017	1.70	1.70	3.15
32-33	120	0.016	11.93	108.67	622.24	290.01	912.24	0.80	0.042	1.70	1.70	4.99
33-34	120	0.016	12.83	105.87	912.24	283.63	1195.87	0.80	0.008	1.70	1.70	2.23
34-35	120	0.015	13.92	102.65	1195.87	259.22	1455.09	1.00	0.004	3.70	3.20	1.83
35-36	120	0.016	14.92	99.87	1455.09	261.52	1716.61	1.00	0.005	3.20	3.80	2.00
36-37	90	0.016	15.57	98.15	1716.61	267.46	1984.06	1.00	0.007	3.80	2.40	2.31
37-38	90	0.005	15.83	97.46	1984.06	81.91	4797.16	1.00	0.040	3.30	1.90	5.67
38-39	90	0.015	15.99	97.05	4797.16	246.98	7775.32	1.00	0.107	1.90	10.50	9.26
39-40	90	0.007	16.16	96.63	7775.32	105.05	7880.37	1.00	0.106	10.50	15.00	9.21
40-41	90	0.014	16.38	96.07	7880.37	228.36	8108.74	1.20	0.043	15.00	14.90	6.66
41-42	90	0.008	16.60	95.52	8108.74	132.72	8241.46	1.20	0.046	14.90	13.00	6.83
42-43	120	0.018	16.89	94.82	8241.46	287.45	8528.91	1.20	0.048	13.00	19.70	6.98
43-44	90	0.014	17.09	94.33	8528.91	219.43	9265.30	1.20	0.056	19.70	20.70	7.54
44-45	90	0.007	17.28	93.88	9265.30	111.45	9770.86	1.20	0.062	20.70	20.30	7.98
45-11	85	0.016	17.44	93.49	9770.86	253.69	10418.66	1.20	0.071	20.30	26.30	8.50
11-105	120	0.023	19.31	89.26	10418.66	348.29	17645.56	1.50	0.001	26.30	29.40	1.07
105		0.006	19.31	89.26	17645.56	84.84	24420.73					
46-47	120	0.014	10.63	112.99	0	267.77	267.77	0.80	0.017	1.80	1.80	3.15
47-48	120	0.021	11.53	109.96	267.7674	378.77	646.53	0.80	0.008	1.80	1.80	2.23
48-49	120	0.022	12.43	107.10	646.5328	395.47	1042.01	0.80	0.008	1.80	1.80	2.23
49-38	120	0.025	12.90	105.66	1042.006	434.61	2336.90	1.00	0.023	2.30	2.00	4.25
50-52	120	0.014	11.09	111.44	0	260.24	260.24	0.60	0.008	1.50	1.50	1.84
52-55	181	0.014	12.85	105.80	260.2405	247.06	507.30	0.60	0.007	1.50	3.80	1.71
55-49	119	0.020	13.54	103.74	507.3001	352.99	860.29	0.60	0.020	3.80	2.20	2.86
56-38	120	0.022	12.01	108.43	0	394.28	394.28	0.80	0.002	1.70	1.90	1.00
57-58	90	0.023	10.41	113.76	0	427.09	427.09	0.40	0.056	1.30	1.30	3.63
58-43	90	0.005	10.84	112.26	427.0852	89.87	516.96	0.40	0.051	1.30	3.90	3.48
59-45	120	0.021	10.64	112.98	0	394.11	394.11	0.40	0.042	1.30	1.30	3.14

Os resultados dos trechos entre os PV37 até PV11 tiveram profundidade de assentamento do greide acima de 10 metros para que os diâmetros existentes pudessem suportar a vazão necessária. Mesmo com grandes profundidades o valor de velocidade de escoamento ficou muito acima dos 5 m/s.

Com base nos dados obtidos para os diâmetros de tubulação existente, foram redimensionadas as tubulações para que fossem solucionados os defeitos. Para isso nos trechos com velocidades excessivas e profundidades de assentamento elevadas foram alterados os diâmetros das tubulações e assim tornar possível suportar as vazões necessárias para escoamento de água com baixa velocidade e cota de assentamento.

Os resultados dos cálculos podem ser verificados no apêndice A, e o diâmetro de cada tubulação que contribuem para o trecho em estudo são apresentados na planta a seguir.

A página 46 com a Planta de projeto com indicações dos novos diâmetros está apresentada no final

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que os problemas relacionados a drenagem urbana no cruzamento da avenida perimetral Tancredo de Almeida Neves e a Rua Araruna possivelmente são referentes a dimensionamentos das galerias pluviais, agravado devido a falta de manutenção do sistema de drenagem.

As bocas de lobo não apresentaram problemas de dimensionamento, foram capazes de suportar o escoamento da vazão necessária até com 65% de sua capacidade de engolimento.

As galerias de águas pluviais apresentaram incompatibilidade com o atual desenvolvimento urbano, as profundidades de assentamento de greide seriam muito altas para a tubulação existente, assim como a velocidade está excessiva, devido a inclinação do terreno.

Esses problemas têm seus colapsos observados no ponto mais baixo do sistema de drenagem, que é no cruzamento estudado, e como as galerias não conseguem escoar a água durante as fortes precipitações o trecho é inundado. As galerias precisam de ajuste e o presente trabalho sugere que sejam trocadas por diâmetros iguais ao sugeridos ou superior. Outras soluções para diminuir o problema seriam a construção de áreas de retenção de água de chuva, uso de asfalto permeável, outras medidas estruturais e não estruturais.

REFERENCIAS

ABNT. NBR 9649 **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

AGRA, S. G. **Estudo experimental de micro reservatórios para controle do escoamento superficial**. Porto Alegre, 2001. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10183/3282>>. Acesso em: 16 set.2015.

BORSATO, V. A., **O Clima de Campo Mourão e eventos intensos**. IX EPCT, Campo Mourão, 2014.

CAMPANA, N.; TUCCI, C.E.M., **Estimativa de área Impermeáveis de macro bacias urbanas**. RBE, Caderno de Recursos Hídricos V12. 1994.

CARVALHO, D. F., e SILVA, L. D. **Ciclo hidrológico o ciclo das águas - UNIFOA - Engenharia Ambiental, Volta Redonda, 2006**.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB, **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**.3 ed. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986.

DACACH, N.G. **Sistemas Urbanos de Água**, LTC Editora S.A., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1979.

DELGADO N. C. F. **Hidrologia na drenagem de rodovias**. Belo Horizonte, 2008. Monografia - Programa de Pós-Graduação Lato Senso. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. 2008. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/images/TrabalhosAcademicos/neila%20carvalho%20ferreira%20delgado%20monografia.pdf>> Acesso em: 1 nov.2015.

DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS – DEP, **Plano de drenagem urbana**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf>. Acesso em: 22 set.2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**.2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em Acesso em: 10 set. 2015.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Departamento de Engenharia e Comunicações, Diretoria de Serviço Geológico. Região Sul do Brasil. **Cartas Topográficas**. Escala 1:50.000, 1990.

MORAES, F. ALMEID, L. M. **Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jaú, Palmas**, BrazilianGeographicJournal: CeosciencesandHumanitiesReseachMedium. 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/8177>>. Acesso 23 out. 2015.

PEIXOTO, M. C. D. **Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima/MG**. In. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em planejamento Urbano e Regional, Salvador, 2005.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1976.

PORTO, M. F. A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas**. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, p.387-414.

SILVEIRA, A.A.L. **Hidrologia urbana no Brasil**. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. Da Universidade. 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2002.

TUCCI, C. E. M. ; PORTO, R. L. (Org.) ; BARROS, M. T. (Org.) . **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995.

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

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**- Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH- Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27.

TUNDIZI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Revista Ciência e Cultura, v.55, n.4, p.31-33, 2003.

VILLELA, S. M.; MATTOS A. **Hidrologia Aplicada**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

APÊNDICE A – Tabela do dimensionamento das galerias pluviais.

Trecho	Comprimento (m)	Área acumulada (km ²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva		Vazão (L/s)		Diâmetro da Tubulação (m)	Declividade (m/m)		Cotas do terreno		Profundidade		Velocidade (m/s)
				Mont	Jusa	Mont	Jusa		Mont	Jusa	Mont	Jusa	Mont	Jusa	
1-2	120	0.0216	11.86	108.89	0	392.32	392.32	0.80	0.002	592	592	1.70	1.90	1.07	
2-3	120	0.0432	13.04	105.23	392.32	771.45	771.45	0.80	0.004	592	592	1.90	2.40	1.70	
3-4	120	0.0656	13.87	102.79	771.45	1155.49	1155.49	0.80	0.008	592	593	2.40	4.40	2.40	
4-5	120	0.0869	14.84	100.09	1155.49	1510.88	1510.88	1.00	0.005	593	592	4.40	3.95	2.07	
5-6	90	0.1085	15.14	99.28	1510.88	1868.26	1868.26	1.00	0.027	592	587	4.50	1.90	4.99	
6-7	90	0.1141	15.44	98.48	1868.26	1960.98	1960.98	1.00	0.027	587	584	2.50	1.90	4.99	
7-8	90	0.2098	15.74	97.69	1960.98	3595.70	3595.70	1.00	0.027	584	577	6.50	1.90	4.99	
8-9	90	0.2176	16.04	96.92	3595.70	3722.36	3722.36	1.00	0.027	577	573	3.50	1.90	4.99	
9-10	92	0.2734	16.35	96.14	3722.36	4694.68	4694.68	1.20	0.021	573	566	7.20	2.10	4.95	
10-11	92	0.2821	16.71	95.24	4694.68	4833.05	4833.05	1.20	0.015	566	565	2.10	2.50	4.25	
12-13	120	0.0185	12.63	106.46	0	329.26	329.26	0.80	0.001	585	587	1.70	3.80	0.76	
13-14	120	0.0389	13.12	104.98	329.26	686.00	686.00	0.80	0.024	587	582	3.80	1.70	4.09	
14-15	120	0.0583	14.05	102.27	686.00	1016.90	1016.90	0.80	0.007	582	584	1.70	4.50	2.15	
15-7	120	0.0801	14.76	100.31	1016.90	1382.12	1382.12	0.80	0.012	584	584	4.50	5.90	2.84	
16-17	120	0.0223	11.86	108.89	0	404.68	404.68	0.80	0.002	573	574	1.70	2.90	1.07	
17-9	120	0.0426	13.04	105.23	404.68	760.48	760.48	0.80	0.004	574	573	2.90	2.40	1.70	

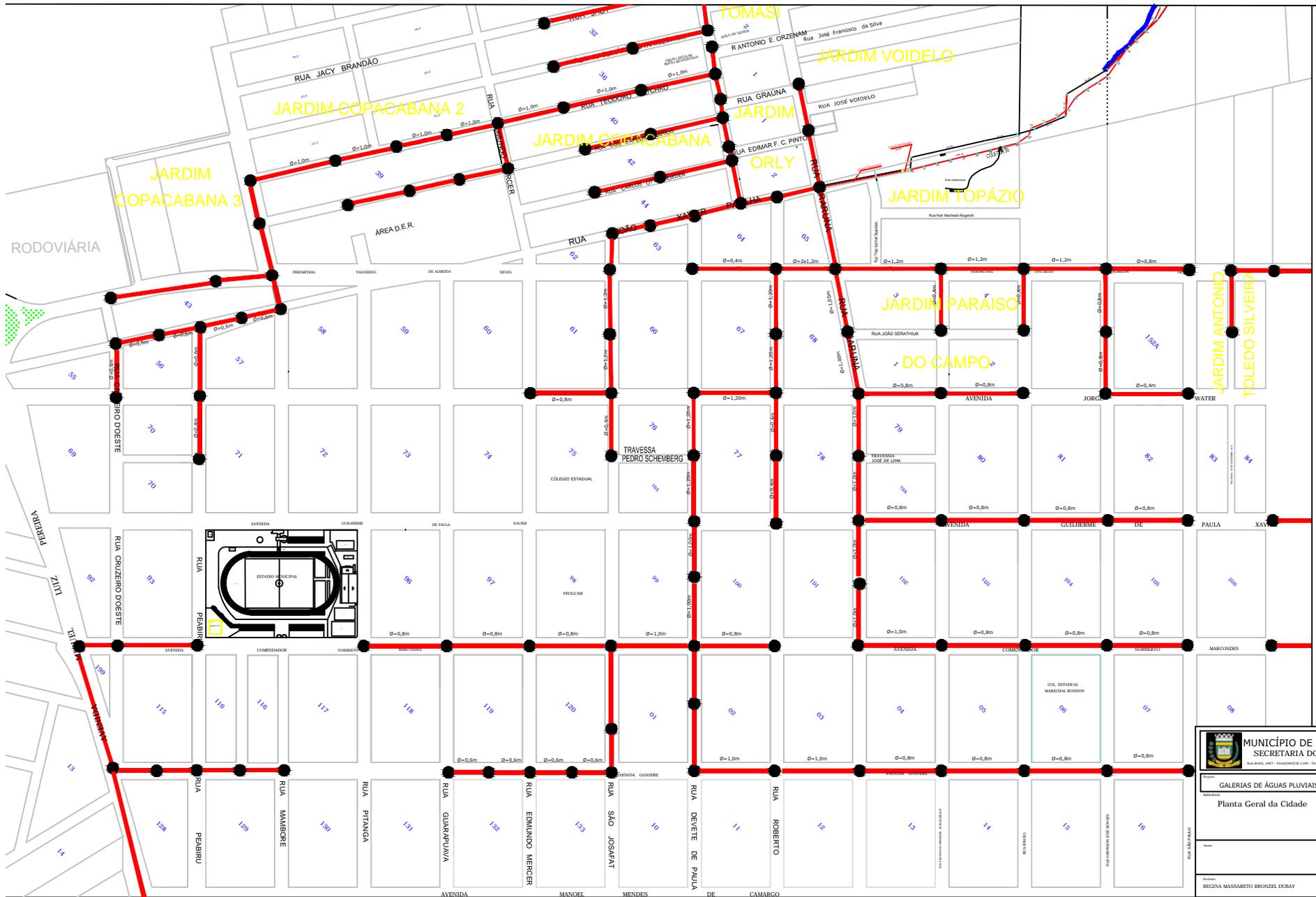
Trecho	Comprimento (m)	Área acumulada (km ²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva		Vazão (L/s)		Diâmetro da Tubulação (m)	Declividade (m/m)	Cotas do terreno		Profundidade	Velocidade (m/s)
				Mont	Jusa	Mont	Jusa			Mont	Jusa		
18-19	120	0.0181	10.76	112.54	0	340.54	340.54	0.40	0.025	576	573	1.30	2.62
19-20	90	0.0368	11.15	111.24	340.54	346.95	687.49	0.80	0.022	573	571	1.70	3.92
20-21	90	0.0451	11.69	109.46	687.49	150.09	837.57	0.80	0.011	571	570	1.70	2.77
21-22	120	0.0775	13.11	105.03	837.57	267.62	1410.85	1.20	0.002	570	570	2.10	1.41
22-23	120	0.0985	13.53	103.79	1410.85	187.59	1778.06	1.20	0.019	570	564	5.80	4.77
23-11	155	0.1175	14.85	100.07	1778.06	148.73	2118.32	1.20	0.003	564	565	2.10	1.96
24-21	120	0.0172	12.63	106.46	0	305.66	305.66	0.80	0.001	566	570	1.70	0.76
25-22	90	0.0101	12.72	106.21	0	179.62	179.62	0.40	0.001	570	570	1.30	0.55
26-23	90	0.0101	10.30	114.14	0	191.53	191.53	0.40	0.089	572	564	1.30	4.94
30-31	120	0.017	10.90	112.08	0	314.09	314.09	0.80	0.008	605	604	1.70	2.23
31-32	120	0.034	11.53	109.96	314.09	308.15	622.24	0.80	0.017	604	602	1.70	3.15
32-33	120	0.050	11.93	108.67	622.24	290.01	912.24	0.80	0.042	602	597	1.70	4.99
33-34	120	0.066	12.83	105.87	912.24	283.63	1195.87	0.80	0.008	597	598	1.70	2.23
34-35	120	0.081	13.92	102.65	1195.87	259.22	1455.09	1.00	0.004	598	597	3.70	1.83
35-36	120	0.097	14.92	99.87	1455.09	261.52	1716.61	1.00	0.005	597	597	3.20	2.00
36-37	90	0.113	15.57	98.15	1716.61	267.46	1984.06	1.00	0.007	597	595	3.80	2.31
37-38	90	0.118	15.87	97.37	1984.06	81.83	4797.08	1.20	0.024	595	590	4.90	5.00
38-39	90	0.285	16.17	96.61	4797.08	245.86	7774.13	1.20	0.024	590	589	2.10	3.30
39-40	90	0.292	16.47	95.85	7774.13	104.20	7878.32	1.50	0.018	589	584	5.80	4.95
40-41	90	0.306	16.77	95.10	7878.32	226.06	8104.39	1.50	0.018	584	580	4.80	4.95

86-88	205	0.0072	11.59	109.77	Q	131.22	131.22	0.40	0.020	577	573	1.30	1.30	2.15
83-84	40	0.0244	10.22	114.45	Q	466.57	466.57	0.40	0.040	571	571	1.30	2.90	3.08
90-92	205	0.0081	11.30	110.74	Q	149.44	149.44	0.40	0.029	577	571	1.30	1.30	2.63
93-95	92	0.0393	10.48	113.53	Q	743.41	1522.44	0.40	0.043	582	578	1.30	1.30	3.21
95-97	184	0.0966	11.40	110.41	1522.44	299.93	1822.37	1.20	0.011	578	576	2.10	2.10	3.34
97-98	52	0.1241	11.59	109.77	1822.37	502.46	2324.84	1.20	0.019	576	575	2.10	2.10	4.44
98-100	124	0.1300	12.01	108.43	2324.84	107.80	2432.64	1.20	0.024	575	572	2.10	2.10	4.98
100-101	70	0.1379	12.24	107.69	2432.64	141.59	2574.23	1.20	0.024	572	569	3.40	2.10	4.99
94-95	120	0.0411	10.45	113.63	Q	779.04	779.04	0.80	0.033	582	578	1.70	1.70	4.46
77-80	239	0.0085	11.51	110.03	Q	155.23	155.23	0.40	0.029	586	579	1.30	1.30	2.63
80-76	67	0.0251	12.02	108.37	155.23	300.02	455.25	0.50	0.015	579	578	1.40	1.40	2.18
68-72	142	0.0885	13.32	104.40	1375.17	224.55	1599.72	0.60	0.058	588	585	3.80	9.00	4.85
72-76	369	0.0931	16.61	95.49	1599.72	73.14	1672.85	1.00	0.004	585	578	9.00	3.60	1.87
76-84	323	0.1414	18.09	91.96	1672.85	356.94	2485.05	1.00	0.016	578	571	3.60	1.90	3.63
84-85	38	0.1867	18.29	91.52	2485.05	317.98	2803.03	1.00	0.013	571	573	3.00	5.50	3.25
85-88	27	0.1897	18.42	91.22	2803.03	46.60	2849.63	1.00	0.015	573	573	5.50	5.90	3.45
88-89	43	0.2101	18.62	90.78	2849.63	200.23	3181.08	1.00	0.016	573	571	5.90	4.60	3.62
89-92	20	0.2133	18.71	90.56	3181.08	48.28	3229.36	1.00	0.015	571	571	4.60	4.90	3.47
92-101	63	0.2346	18.99	89.94	3229.36	198.15	3576.95	1.00	0.017	571	569	4.90	4.00	3.75
101-102	55	0.3770	19.20	89.50	3576.95	67.24	6218.41	1.20	0.020	569	568	4.00	4.10	4.53
102-105	63	0.3834	19.43	89.01	6218.41	94.41	6312.82	1.20	0.021	568	568	4.10	5.40	4.60
62-63	79	0.0227	10.92	112.01	0	423.90	423.90	0.60	0.005	594	594	1.50	1.90	1.43
63-65	125	0.0282	12.14	108.02	423.90	100.15	524.05	0.60	0.007	594	593	1.90	1.80	1.71
69-68	237	0.0037	11.98	108.53	Q	67.70	67.70	0.40	0.017	592	588	1.30	1.30	2.00
86-88	205	0.0072	11.59	109.77	Q	131.22	131.22	0.40	0.020	577	573	1.30	1.30	2.15

Trecho	Comprimento (m)	Area acumulada (km ²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva	Vazão (L/s)	Diâmetro da Tubulação (m)	Declividade (m/m)	Cotas do terreno		Profundidade	Velocidade (m/s)	
								Mont	Jusa			Mont
103-104	70	0.0105	11.42	110.33	Q	0.60	0.001	567	567	1.50	0.82	
105-104	82	0.0210	12.91	105.62	193.00	0.80	0.001	567	568	1.60	0.92	
					193.00	184.44	377.43					

ANEXO A – projeto das galerias pluviais da cidade de campo mourão cedida pela prefeitura municipal.

**ANEXO B – Carta Topográfica do Ministério do Exército: escala
1:50.000, 1990, folha SG-22-V-B-1.**



 MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO SECRETARIA DO PLANEJAMENTO <small>Rua Brasil, 447 - Fone: (51) 3211-1100 - Fax: (51) 3211-1134 - CEP: 81201-000 - Campo Mourão, PR</small>			
GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS			
Planta Geral da Cidade			
Escala: 1:10000 Data: 2004 Autor:	<table border="1"> <tr> <td> Nome: Carlos Muelde Cargo: Coordenador Assinatura: </td> <td style="text-align: center;"> U </td> </tr> </table>	Nome: Carlos Muelde Cargo: Coordenador Assinatura:	U
Nome: Carlos Muelde Cargo: Coordenador Assinatura:	U		
Autor: REGINA MASSAROTO BRONZEL DURAY Desenhista: RENATO TERU IKEDA			

