

N. CLASS. MG 24.54
CUTTER CR 371
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS / MG
ENGENHARIA CIVIL
JOSÉ ROBERTO DA COSTA

**ESTUDO DE CASO APLICADO À READEQUAÇÃO DE REDE DE DRENAGEM
PLUVIAL**

Varginha– MG
2014

FEPESMIG

JOSÉ ROBERTO DA COSTA

**ESTUDO DE CASO APLICADO À READEQUAÇÃO DE REDE DE DRENAGEM
PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Sistemas de Drenagem Pluvial Urbana.

Orientador: Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

Varginha – MG

2014

JOSÉ ROBERTO DA COSTA

**ESTUDO DE CASO APLICADO À READEQUAÇÃO DE REDE DE DRENAGEM
PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Centro Universitário do Sul de
Minas - UNIS como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior
Presidente da Banca

Prof^a Ma. Ivana Prado de Vasconcelos
Membro

Prof. Me. Guaracy Silva
Membro

Varginha – MG, 03 de Dezembro de 2014.

Dedico este trabalho a todos que contribuíram diretamente (professores, colegas e funcionários) ou indiretamente (familiares e amigos); em minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, como primícias; origem de toda a vida e que, através do Espírito Santo, nos dotou com os Dons de Ciência e Sabedoria, e a Quem devo minha vida e tudo o que fui, sou e poderei ser.

À memória de meus pais que me ensinaram que a colheita de frutos só se procede após dedicação e trabalho árduo.

À minha família que, estando sempre ao meu lado, vivenciou todas as alegrias e tristezas desta árdua caminhada.

À orientadora Prof.^a Ma. Ivana Prado de Vasconcelos pelo apoio na elaboração na primeira fase deste trabalho e pelo altruísmo em ensinar e transmitir seu conhecimento.

Ao orientador Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior pela disponibilidade e pelos esclarecimentos e orientações quanto às dúvidas surgidas nesta segunda fase.

Aos meus colegas pelo companheirismo e amizade vivenciados ao longo destes anos.

RESUMO

Neste estudo de caso se verá como a implantação de um novo empreendimento imobiliário causou o colapso do sistema de drenagem de uma rua já existente no local, devido a contribuição de uma nova vazão. O problema ocorreu em um trecho de 375,64m e inclinação média de 0,017m/m da Rua Abraão Caineli, localizada no bairro da Vargem, na cidade de Varginha-MG; por ocasião da instalação do bairro residencial Treviso. Mesmo tendo este empreendimento contemplado a referida via com uma nova rede de drenagem, esta se mostrou deficitária à vazão demandada em ocorrência de chuvas intensas, necessitando com isso a correção de seus dimensionamentos para se evitar futuros problemas; pois a via em questão é um importante elo de ligação entre vários bairros de Varginha. Utilizando conceitos e cálculos baseados na moderna literatura e em fórmulas consagradas como a Equação de Chuvas Intensas (Método Racional); Fórmula de Dimensionamento de Manning; encontrou-se as dimensões exatas que atenderiam a vazão de demanda e solucionariam o problema.

Palavras-chave: Chuvas Intensas, Manning, Método Racional, Sistemas de Drenagem, Varginha.

ABSTRACT

In this case study to see how the implementation of a new real estate development caused the collapse of the drainage system of an existing street on site, because the contribution of a new flow. The problem occurred on a stretch of 375,64m and average slope of 0,017m / m Street Abraão Caineli, located in the neighborhood of Vargem in the city of Varginha-MG; during the installation of the residential district Treviso. Even though this venture contemplated the said track with a new drainage system, it proved the defendant flow deficit in heavy rain, thus requiring the correction of their sizing to avoid future problems; because the route in question is an important link between various neighborhoods of Varginha. Using concepts and calculations based on modern literature and consecrated formulas as the rains equation Intense (Rational Method); Manning sizing formula; met the exact dimensions that would meet the demand flow and would solve the problem.

Keywords: Intense rains, Manning, Rational Method, Drainage Systems, Varginha.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfil do relevo de um curso d’água e suas modificações.....	18
Figura 2 – Foto do Ribeirão da Vargem.....	21
Figura 3 – Imagem em planta da área em estudo.....	22
Figura 4 – Imagem aérea da área em estudo.....	23
Figura 5 – Planta do Bairro Treviso.....	25
Figura 6 – Foto do material carreado pelo rompimento da tubulação,.....	27
Figura 7 – Foto da área afetada pelo material carreado.....	27
Figura 8 – Foto de trecho da Rua Abrão Cainelli,,,,,,.....	28
Figura 9 – Mapa das cotas de nível da bacia em estudo.....	32
Figura 10 – Curvas de nível do Bairro Treviso.....	32
Figura 11 – Planta em pdf das curvas de nível da área em estudo.....	33
Figura 12 – Imagem em cad das microbacias.....	33
Figura 13 – Perfil de uma sarjeta de canal triangular.....	37
Figura 14 – Ábaco do Fator de redução “F”.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de Escoamento Superficial (C).....	34
Tabela 2 – Vazão das microbacias das quadras para C.I.A.....	36
Tabela 3 – Vazão das microbacias das áreas verdes, institucional e adjacentes para C.I.A.....	37
Tabela 4 – Vazão por trechos da área em estudo.....	40
Tabela 5 – Dimensões e preços de tubos de concreto.....	47
Tabela 6 – Valores parciais e total das intervenções.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A&R	Alves e Rabelo
ALAGO	Associação dos Municípios Banhados pelo Lago de Furnas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RBRH	Revista Brasileira de Recursos Hídricos
SECAGRI	Secretaria Municipal do Café e da Agricultura
SEPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento
SOSUB	Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFRS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Sistema de Drenagem.....	16
2.1.1 Macrodrenagem.....	16
2.1.2 Microdrenagem.....	17
2.2 Fatores que Influenciam o Comportamento das Águas Pluviais.....	17
2.3 Análise Hidrológica.....	18
2.4 Análise Hidráulica.....	19
3 MATERIAL e MÉTODO.....	20
3.1 Diagnóstico.....	20
3.1.1 Região de Estudo.....	20
3.1.2 Dimensões e Patologias do Sistema de Drenagem.....	26
3.2 Metodologia de Cálculo Adotada.....	28
3.2.1 Método Racional.....	28
3.2.2 Comprimento do Talvegue Principal.....	29
3.2.3 Declividade Média.....	29
3.2.3.1 Cálculo da Inclinação Média.....	29
3.2.4 Percentual de Cobertura Vegetal.....	29
3.2.5 Tempo de Escoamento Superficial.....	29
3.2.5.1 Cálculo do Tempo de Escoamento.....	30
3.2.6 Tempo de Concentração.....	30
3.2.6.1 Cálculo do Tempo de Concentração.....	30
3.2.7 Adoção do Tempo de Retorno.....	30
3.2.8 Equação de Chuvas Intensas.....	31
3.2.8.1 Cálculo da Intensidade de Precipitação.....	31
3.2.9 Traçado das Bacias e Microbacias.....	31

3.2.10 Determinação do Coeficiente de Run off.....	34
3.2.10.1 Cálculo do Coeficiente de Run off.....	35
3.2.11 Cálculo da Vazão por Área.....	35
3.2.11.1 Cálculo da Vazão para a Área Total da Bacia.....	35
3.2.11.2 Cálculo das Vazões das Microbacias das Quadras.....	35
3.2.11.3 Cálculo das Vazões por Trecho.....	37
3.2.11.3.1 Sarjetas.....	37
3.2.11.3.2 Cálculo dos Valores para Vazão pela Sarjeta.....	38
3.2.11.3.3 Cálculo da Vazão pela Sarjeta.....	38
3.2.11.4 Cálculo do fator de Segurança.....	39
3.2.11.5 Cálculo da Vazão Real.....	39
3.2.12 Dimensionamento das Galerias da Rua Abraão Caineli.....	44
3.2.12.1 Cálculo da Declividade da Rua Abraão Caineli.....	44
3.2.12.2 Dimensionamento dos Trechos da Rua Abraão Caineli.....	44
4 RESULTADOS.....	46
4.1 Projetos e Soluções.....	46
4.2 Custos do Projeto.....	47
5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Como se pode verificar em vários censos demográficos do IBGE, o crescimento da população urbana do Brasil tem sido uma constante. Em Varginha não seria diferente; com uma população total de 123.081 habitantes, dos quais 119.061 habitantes vivendo na cidade. Perfazendo 96,7% do total, segundo censo demográfico de 2010. (Fonte: www.ibge.gov.br).

Este índice de urbanização gera na cidade a necessidade constante de criação de novos bairros, para assentar a crescente população, sobretudo por ser Varginha um importante polo político/econômico da região.

Tendo seus primeiros bairros criados às margens do Ribeirão da Vargem a cidade evoluiu; vindo a ocupar boa parte de seu território, que é caracterizado por um relevo de constantes e diferentes ondulações, entremeados por pequenos cursos d'água. Por estas características é que, em Varginha, ao se projetar e implantar novos bairros recomenda-se dar atenção especial à velocidade das águas pluviais, pois estas tendem a escoar rapidamente pelos aclives e se acumularem nos fundos de vale. Porém, por ter seus primeiros bairros criados justamente nestes fundos de vale é que os problemas de drenagem da cidade se agravam. Estes bairros antigos não tiveram suas redes de drenagem pluvial, concebidas de acordo com as modernas técnicas preconizadas pela literatura; ainda assim, estas redes estão fadadas a receber o deflúvio dos novos bairros que surgem, via-de-regra, à montante dos já existentes e para o qual não foram corretamente dimensionadas.

O trabalho desenvolvido visou com base na literatura, estudo de teorias e casos, busca de exemplos práticos; propor soluções que possam ser utilizadas na readequação de um antigo sistema de drenagem a recepção de novas contribuições. Para tanto foram desenvolvidos estudos práticos em cima da implantação da rede de drenagem de um novo loteamento e seus impactos quando da sua ligação à rede de drenagem de uma rua já existente, a jusante deste mesmo loteamento. Com esse trabalho buscou-se resultados que corroborassem com as soluções propostas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca de solução para um problema de drenagem ocorrido em uma rua, quando da instalação de um novo empreendimento imobiliário nas suas cercanias, visa garantir a qualidade de vida dos cidadãos que por ali trafegam e/ou residem e foram as principais vítimas do problema ocorrido. A readequação de redes de drenagem da rua Abraão Caineli se faz necessária devido a grande probabilidade de ocorrência de inundações por ocasião de chuvas intensas, devido a sua baixa declividade e uma rede de dimensões inapropriadas a receber grandes volumes de contribuições. A rua em questão é uma importante via de ligação entre vários bairros de Varginha e sua manutenção em perfeitas condições de trafegabilidade é uma garantia da qualidade de vida de seus usuários.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Baseado na literatura moderna e em levantamentos feitos in loco, adotar a solução mais viável aos problemas de drenagem identificados, por ocasião de chuvas intensas, na Rua Abraão Caineli, no Bairro da Vargem, na cidade de Varginha-MG.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnóstico da bacia de contribuição do Ribeirão da Vargem;
- Visitas no entorno onde ocorrem os problemas;
- Levantamento de dados hidrológicos para a cidade em estudo;
- Avaliação do comportamento do sistema de drenagem frente às chuvas intensas;
- Estabelecer e propor diretrizes que resolvam ou amenizem os problemas para a disposição final das águas coletadas e não coletadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de Drenagem

Ao se falar em “Drenagem”, costuma se focar em seus dois principais sistemas: o Sistema de Drenagem Pluvial e o Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo Botelho (2011):

“No Brasil, *teoricamente*, deveria funcionar o Sistema Separador Absoluto; onde o Sistema Pluvial deveria transportar tão somente águas não poluidoras; provenientes de chuvas, rebaixamento de lençol freático, descargas de piscinas e reservatórios, detritos de toda ordem, etc. Já o Sistema Sanitário (Esgotos) é destinado a transportar as águas poluidoras (águas negras), despejos industriais, ligações clandestinas de águas pluviais, etc.”

Ainda segundo Botelho (2011):

“A filosofia destes dois Sistemas são exatamente o oposto um do outro: enquanto no Sistema Pluvial, a rede deve existir apenas nas ruas necessárias, em geral menos de 20% do total de ruas; captando parte das águas de chuva e dispondo o mais próximo possível; “Pegar e largar rápido”; opinião da qual discorda TUCCI (2003) por já estar ultrapassada; porém, ainda muito empregada em países em desenvolvimento. No Sistema de Esgotos a rede deverá existir em todas as ruas coletando os dejetos e os dispondo o mais distante da cidade geradora; de preferência em uma estação de tratamento.”

De acordo com Tucci (RBRH Vol. 7 Jan/Mar 2002) :

“Devido à falta de capacidade financeira para ampliar a rede cloacal, algumas prefeituras têm permitido o uso da rede pluvial para o transporte do cloacal, o que pode ser uma solução inadequada à medida que esse esgoto não é tratado. Quando o sistema cloacal é implementado a grande dificuldade é a que envolve a retirada das ligações existentes da rede pluvial, o que na prática resulta em dois sistemas misturados e com diferentes níveis de carga.”

2.1.1 Macrodrenagem

A rede de macrodrenagem geralmente é adaptada aos fundos de vales e talvegues naturais da região, áreas normalmente sujeitas a alagamentos. A macrodrenagem inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte ($D > 1,5\text{m}$ ou $Q < 6,0 \text{ m}^3/\text{s}$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados

Segundo Material Didático da Escola Politécnica da USP (Eng. Hidráulica e Sanitária PHA 2537):

“É o conjunto de ações estruturais e não estruturais destinadas a controlar cheias para evitar inundações e suas consequências. Seu objetivo é minimizar riscos e prejuízos, em áreas de extensão significativa, causados por cheias com períodos de retorno relativamente grandes (tipicamente $T = 25$ a 100 anos).”

2.1.2 Microdrenagem

São os sistemas iniciais de drenagem; incluem a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, fazendo ainda parte do sistema todos os componentes do projeto para que tal afastamento ocorra.

Segundo Ed Carlo Rosa Paiva (Professor do Curso de Eng. Civil da Universidade Federal de Goiás - UFG):

“É definida pelo sistema de condutos pluviais, em nível de loteamento ou de rede primária.”

Seu dimensionamento é baseado nas seguintes etapas:

- . Subdivisão da área e traçado (bacias);
- . Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- . Dimensionamento da rede de condutos.

Este sistema é composto de Condutos Livres; Meios-fios; Bocas de lobo; Tubos de Ligação; Poços de Visita; Galerias.

2.2 Fatores que Influenciam o Comportamento das Águas Pluviais

Ao cair em uma área preservada, parte das águas da chuva tende a se infiltrar e o excedente a fluir em declive por caminhos naturais, até atingir os cursos d'água. Porém com a interferência humana estas águas passam a ter um comportamento diverso desta situação de equilíbrio.

Segundo Botelho (2011):

“Na urbanização de uma área retirara-se parte considerável da vegetação aumentando a ação erosiva das águas. A abertura e pavimentação de ruas interferem na direção e velocidade de escoamento. A ocupação da área por prédios, também impedem as águas de escoarem; exigindo posteriores obras de correção.”

Segundo Tucci (2003):

Outro fator que influencia no comportamento das águas é a “impermeabilização do solo através de ruas e calçadas, somando-se a estes pátios e telhados, dentre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial.”

Influencia também o comportamento das águas a ocupação humana das áreas de macrodrenagem, sobretudo as várzeas.

De acordo com Tucci (2003):

“Os rios geralmente possuem dois leitos: um menor onde a água escoar na maioria do tempo e um maior, que é inundado periodicamente, com risco geralmente entre 1,5 e 2 anos.”

“Os problemas resultantes desta inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e do grau impermeabilização e canalização da rede de drenagem ... A inundação devido à urbanização tem sido mais frequente nos últimos 30 anos, com o aumento significativo da impermeabilização das cidades e a

tendência dos engenheiros de drenarem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas (visão ultrapassada, mas mantida nos países em desenvolvimento).”

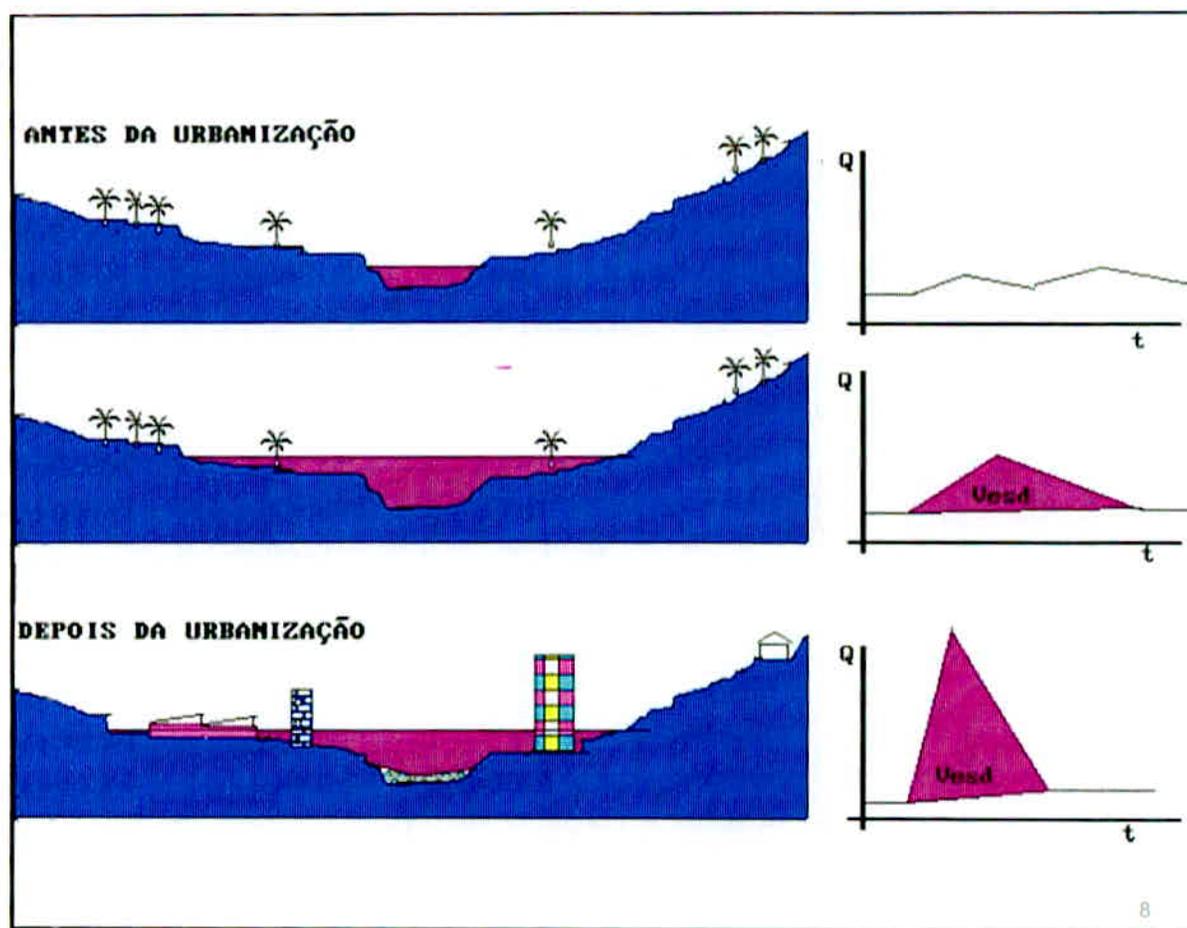


Figura 1 - Modificações ocorridas em uma área após urbanização (Fonte: Material Didático da Disciplina de Saneamento II; Curso Eng^a Civil, UNIS/MG).

2.3 Análise Hidrológica

Em virtude da carência de dados pluviométricos sistemáticos, as análises e estudos hidrológicos são baseados, geralmente, em cálculos matemáticos empíricos. Nestes cálculos os principais dados a serem utilizados advêm das características do relevo da bacia, do grau de impermeabilidade do solo, dos tempos de concentração das chuvas, etc. Destes métodos, um dos mais utilizados é o “Método Racional” que consiste em calcular a vazão de pico de uma determinada área conforme a fórmula descrita a seguir:

$$Q = C.i.A/360$$

onde:

Q => vazão de pico em (m³/s)

C => coeficiente de deflúvio (adimensional)

I => intensidade da precipitação (mm/h)

A => área em (ha).

Para a determinação da vazão de projeto, utilizada na realização de projetos de drenagem; valeu-se de Simulações Discretas com dados pluviométricos obtidos junto a ALAGO/FURNAS, dos quais foram utilizados os parâmetros para o cálculo de chuvas intensas em Varginha.

2.4 Análise Hidráulica

De acordo com Botelho (2011):

“Quando a água escoar em um conduto com pressão atmosférica na borda superior do líquido, temos o chamado *escoamento em canal*, também chamado *escoamento livre*. Este é o tipo de escoamento que ocorre em rios, córregos, galerias, canais, etc.”

Segundo Canholi (2005):

“No campo da drenagem urbana; o escoamento permanente uniforme é frequentemente considerado no dimensionamento e na verificação da capacidade da vazão dos canais.”

No trabalho em questão, foi analisada a readequação do sistema de drenagem da Rua Abrão Cainelli a recepção e condução das águas pluviais provenientes do Bairro Treviso, e para as quais, em primeira análise da fiscalização, mostrou dimensões e inclinação insuficientes. Pretende-se, com o aprofundamento dos estudos, complementar o diagnóstico com todos os fatores, que somados à primeira análise, contribuíram e contribuem para as patologias do sistema.

3 MATERIAL E MÉTODO

Para obter dados e informações, que possam corroborar com um resultado mais fidedigno do trabalho a ser desenvolvido, sobre a implantação do Bairro Treviso e seu impacto na rede drenagem existente no local; deve-se:

Contando com a colaboração da Imobiliária Alexandre Azevedo e da Construtora e Incorporadora HM Ltda., a serem visitadas. Obter um projeto urbanístico do empreendimento em que conste além das vias, a locação da rede de drenagem;

Obter o levantamento planialtimétrico junto a Secretarias Municipais de Planejamento e de Obras (SEPLAN e SOSUB); para delimitar a área de contribuição das micro bacias das quadras do loteamento e seu sentido de escoamento;

Agendando vista a Fundação Procafé, procurar obter os índices pluviométricos para a cidade de Varginha; dando ênfase aos meses mais chuvosos. Estes índices permitirão elaborar uma equação de chuvas intensas para Varginha (Método Racional); informação fundamental para se verificar o dimensionamento do sistemas de microdrenagem;

Serão levantadas, também, as condições de macrodrenagem, aqui representada pelo Ribeirão da Vargem, principal canal de escoamento das águas pluviais daquela região. Obter ainda, no Planejamento um mapa dos cursos hídricos contribuintes deste ribeirão;

Em visita a Secretaria de Obras (SOSUB); procurar obter informações com a Eng. fiscal Márcia Mônica a fiscalização na implantação do loteamento; contudo estas indagações não serão dotadas de um questionário formal; devido a falta de tempo da Eng. para respondê-lo;

Em literatura pertinente ao assunto, buscar o aprofundamento dos conhecimentos sobre o tema, buscando situações análogas, que possam ajudar no desenvolvimento do trabalho;

Fazer imagens eletrônicas da área em estudo e situações encontradas, afim de confrontá-las com os resultados obtidos, após a adoção das soluções indicadas mais adequadas ao estudo de caso.

3.1 Diagnóstico

3.1.1 Região de Estudo

Formada por um relevo bastante acidentado, Varginha tem sua rede hidrográfica formada basicamente por córregos e ribeirões e que têm como destino final o Rio Verde; principal curso d'água que corta os extremos do perímetro urbano da cidade.

A região em estudo têm suas drenadas pelo Ribeirão da Vargem e é uma região em processo de urbanização bastante acentuado e onde encontra-se um representativo cultivo de hortaliças; sobretudo as margens do citado ribeirão, no trecho em que ele atravessa o Bairro da Vargem (Fonte: Prefeitura de Varginha SECAGRI).

Este ribeirão recebe a contribuição perene, próxima a área em estudo, de dois córregos, o restante da contribuição provém de talvegues com escoamento intermitente de águas em dias chuvosos.

Atualmente ele está bastante assoreado em alguns trechos, conforme mostra a figura 02, a seguir; e isso se deve sobretudo a abertura dos novos loteamentos e de construções, que têm seu material particulado carregado em dias de chuva ou de limpeza de obras e ruas utilizando-se água. Nesta imagem fica evidente também, a altura da canal do ribeirão, fato este que impede a instalação de galerias pluviais mais profundas naquela região. Este método; que é utilizado para melhorar a declividade e por consequência a velocidade de escoamento e a vazão; se implantado nesta localidade, implicaria em uma tubulação abaixo do leito do ribeirão, sobretudo as de maiores dimensões.

Nas figuras 2, 3 e 4 tem uma exata noção das condições e localização do Ribeirão da Vargem principal canal de macrodrenagem da região.



Figura 2 –Ribeirão da Vargem em franco processo de assoreamento (Fonte: Arquivo Pessoal)



Figura 4 – Foto em tempo real mostrando em destaque a parte final da rede de drenagem e parte da bacia hidrográfica do Ribeirão da Vargem. (Fonte: SEPLAN)

Como mencionado anteriormente, na introdução, o relevo de Varginha é caracterizado por diferentes e constantes ondulações entremeadas por córregos e ribeirões que fazem parte da bacia do Rio Verde.

A área drenada em estudo, tem as mesmas características e com 27.7ha , corresponde a área total do loteamento Bairro Treviso somada a áreas adjacentes de parte dos bairros limítrofes ao empreendimento: Vila Barcelona, Monte Castelo, Parque Ileana, Vila Maristela, Bairro Santa Maria e Bairro da Vargem. Localizada na região leste do município de Varginha.

A seguir, temos a imagem em planta do loteamento e posicionamento das quadras e lotes em relação ao Azimute e ao eixo geográfico do município de Varginha. Nesta imagem também se pode visualizar o posicionamento da rede de drenagem, com a locação de bocas de lobo , poços de visita e galerias secundária e principal .

3.1.2 Dimensões e Patologias do Sistema de Drenagem

Neste trabalho serão consideradas apenas as dimensões do trecho a serem alteradas, tendo em vista que o sistema de drenagem do bairro já se encontra implantado.

As águas drenadas do Bairro Treviso adentram a rede de drenagem da Rua Abrão Cainelli em três pontos distintos: o primeiro, no cruzamento com a Rua Treze (cota 858,4m); o segundo, no cruzamento com a Av. Um (cota 857,6m) e o terceiro, no cruzamento com a Rua Um (cota 852,0 m). A rede segue pela Rua Abrão Cainelli até o cruzamento com a Rua Souza Pinto (cota 849,5 m) onde é interceptada pela galeria de drenagem que segue em direção ao Ribeirão da Vargem. Lembrando ainda que citada galeria, também é responsável pela recepção de parte das drenagens do alto do Bairro Vila Barcelona, e dos Bairros Monte Castelo e Parque Ileana; conforme figura 5 planta bairro Treviso.

As cotas verificadas na Rua Abrão Cainelli; no sentido do escoamento são: no primeiro cruzamento, de 858,40m e no cruzamento com a Souza Pinto, de 852,00m, seção de controle; percorrendo a rede uma distância de 375,64m a uma inclinação média de 0,017m/m ou 1,7% o que atende às recomendações literárias. Perguntada se a execução das obras fora conforme os projetos; a Engenheira Fiscal da Secretaria de Obras; informou que quando assumiu a fiscalização deste empreendimento, ele já estava com as obras de drenagem e pavimentação executadas e, com relação a rede da Rua Abrão Cainelli esta possuía uma rede antiga, mas que o projeto do loteamento contemplava uma rede corretiva de maiores dimensões. Em sua opinião, o grande problema da rede da Rua Abrão Cainelli é sua declividade própria e em relação ao Ribeirão da Vargem, que não permite um escoamento mais rápido e eficiente das águas pluviais.

As dimensões da antiga tubulação existente na Rua Abrão Cainelli são de diâmetro igual a 600mm. A rede corretiva têm dimensões que variam de 600mm a 1000mm sendo dividida em trechos de diâmetros diferentes. Do Pv59 ao Pv60 diâmetro de 600mm; do Pv60 ao Pv63 diâmetro de 800mm e do Pv 63 ao Pv64 diâmetro de 1000mm, ainda de acordo com a figura 5.

Diante de chuvas intensas que caíram naquela região a parte final do sistema trabalhou como conduto forçado, vindo a extravasar águas na Rua Abrão Cainelli e a correr pela parte mais baixa do terreno, que passa pelo o pátio da Empresa Areal A&R; conforme atesta um de seus sócios-proprietários; Afrânio Rabelo Silva. Ainda segundo ele, ajudou a agravar o episódio; o fato de, no talvez montante da entrada da galeria da prefeitura com diâmetro de 1500mm, haver muitos galhos e folhas soltos. Conforme relatou o Sr. Afrânio; no dia da

chuva intensa que causou todo o problema; entraram pela galeria galhos vindos da área do loteamento e estes ficaram presos na tubulação, ajudando a represar as águas.

A seguir as figuras 6 e 7 mostram, após a ocorrência de uma chuva intensa, o caminho das águas extravasadas e o material sólido carreado.



Figura 6 – Material carreado em direção ao Ribeirão da Vargem. (Fonte: Arquivo pessoal)



Figura 7 – Material carreado, no pátio da Empresa Areal A&R. (Fonte: Arquivo pessoal)

Neste mesmo episódio ocorreu também o refluxo das águas, que inundaram trechos mais baixos da via que por ser bastante plana, tem problemas de escoamento superficial; provocando acúmulos conforme mostra a imagem a seguir



Figura 8 – Água acumulada na via em estudo, após a ocorrência de chuvas. (Fonte: Arquivo SOSUB)

3.2 Metodologia de Cálculo Adotada

3.2.1 Método Racional – Analítico

No desenvolvimento do cálculo da rede de galerias pluviais, foi adotado o “Método Racional” que consiste, para a avaliação do escoamento superficial, na aplicação da equação :

$$Q = C.i.A$$

Onde:

Q = Vazão, em m³/s

C = Coeficiente de Escoamento Superficial da Bacia

i = Intensidade Média da Chuva de Projeto, em mm/h ou l/s

A = Área da Bacia que contribui para a seção, em m² ou ha.

3.2.2 Comprimento do Talvegue Principal (L)

Este é determinado pela maior distância percorrida pela água entre a maior cota e a menor cota, que neste caso é de 1,053 Km.

3.2.3 Declividade Média (Im)

Corresponde a declividade obtida entre a maior e menor cota em linha reta é dada pela equação:

$$Im = \frac{Cota\ maior - Cota\ menor}{d}$$

onde:

d é a distância em linha reta entre as cotas = 878,14 m

Cota maior = 941,5 m

Cota menor = 849,5 m

3.2.3.1 Cálculo da Inclinação média:

$$Im = (Cota> - Cota<) / d$$

$$Im = (941,5\ m - 849,5\ m) / 878,14\ m$$

$$Im = 0,105\ m/m$$

3.2.4 Percentual de Cobertura Vegetal (p)

Corresponde ao percentual de cobertura vegetal destinado às áreas verde e de preservação permanente. Neste estudo é igual a 13%.

3.2.5 Tempo de Escoamento Superficial (ts)

Tempo em minutos que água leva para escoar superficialmente pela área da bacia durante a ocorrência da precipitação. Sua equação é:

$$ts = \frac{16.L}{(1,05 - 0,2.p). (100.Im)^{0,04}}$$

Onde:

L é a maior distância percorrida pela água = 1,053 Km;

P é percentual de cobertura vegetal = 13%;

Im é inclinação média = 0,105 m/m

3.2.5.1 Cálculo do Tempo de Escoamento (ts)

$$ts = \frac{16.1,053}{(1,05 - 0,2.0,13). (100.0,105)^{0,04}}$$

$$ts = 15 \text{ min}$$

3.2.6 Tempo de Concentração (Tc)

É o tempo que a água leva para percorrer a distância do ponto a montante mais distante na área da bacia até a seção de controle. É dado pelo acréscimo de 10 minutos ao tempo de escoamento.

$$Tc = ts + 10 \text{ min}$$

3.2.6.1 Cálculo do Tempo de Concentração

$$Tc = 15 + 10$$

$$Tc = 25 \text{ min}$$

3.2.7 Adoção do Tempo de Retorno (Tr)

Em microdrenagem é comum adotar-se períodos de retorno entre 2 e 10 anos .Neste estudo o tempo de retorno foi adotado em função de existir na região vários novos empreendimentos implantados e em implantação e, sobretudo, pelo fato de ser o loteamento em estudo, destinado às classes B e A, e após o aceite da Prefeitura; tende a ser rapidamente ocupado e impermeabilizado em virtude do poder aquisitivo de seus futuros moradores. Também ajuda na escolha do Tr o fato de já ter ocorrido, nesta região, problemas no sistema de drenagem com inundações parciais. Por estes fatos optou-se por um tempo de retorno de 5 anos.

3.2.8 Equação De Chuvas Intensas Para Varginha

. Parâmetros para Varginha (Fonte: ALAGO/FURNAS)

$$K = 5987,104$$

$$a = 0,218$$

$$b = 32,694$$

$$c = 1,087$$

onde: K, a, b, c são parâmetros obtidos por regressão não linear de dados interpolados de cidades que possuem estações pluviométricas e pluviógrafos. A equação de chuva para o local de estudo é dada pela Equação Geral:

$$i = \frac{(K \cdot Tr^a)}{(tc + b)^c}$$

3.2.8.1 Cálculo da Intensidade de Precipitação

$$i = \frac{(5987,104 \cdot 5^{0,218})}{(25 + 32,694)^{1,087}}$$

$$i = 103,6 \text{ mm/h}$$

3.2.9 Traçado das Bacia e Microbacias

Para o traçado da área da bacia, seu sentido de escoamento e a área das microbacias de acordo com os quarteirões existentes; foram utilizadas os mapas de curvas de nível fornecidos pela SEPLAN e pela Imobiliária Alexandre Azevedo e o programa autocad para a subdivisão das microbacias. Conforme mostra a seguir as figuras 9 e 10, 11 e 12

Secretaria Municipal de Planejamento Departamento de Geoprocessamento

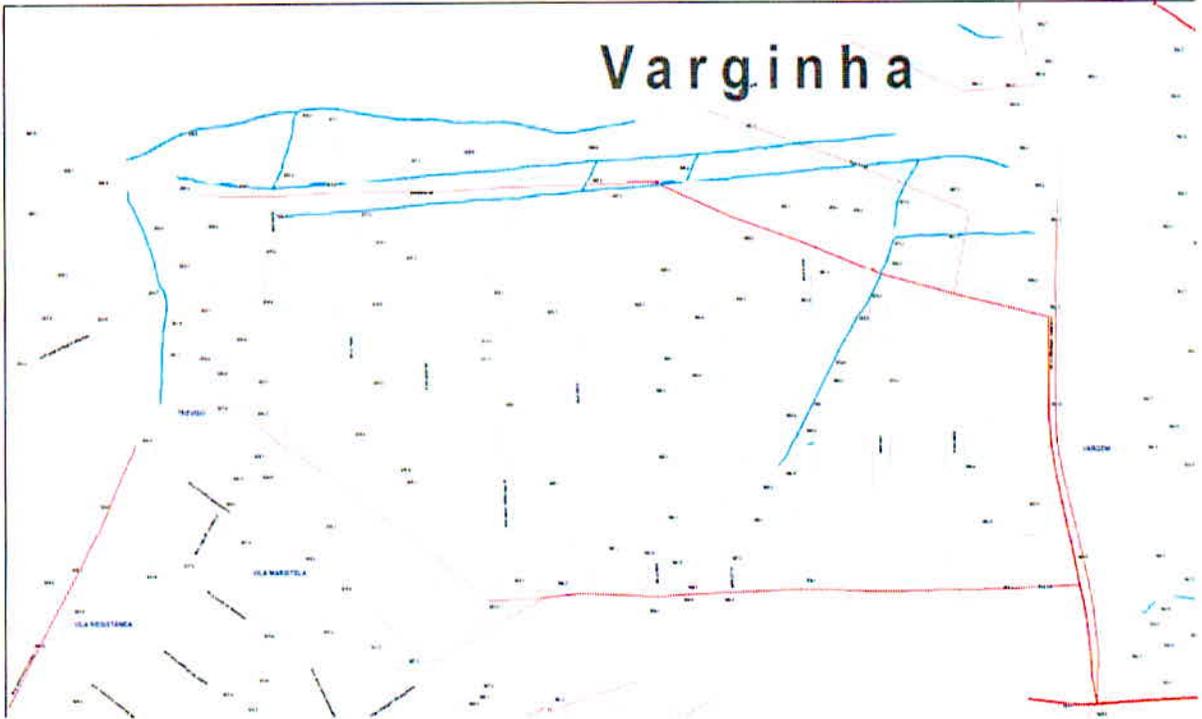


Figura 9 – Mapa com cotas de nível da bacia em estudo (Fonte: SEPLAN)

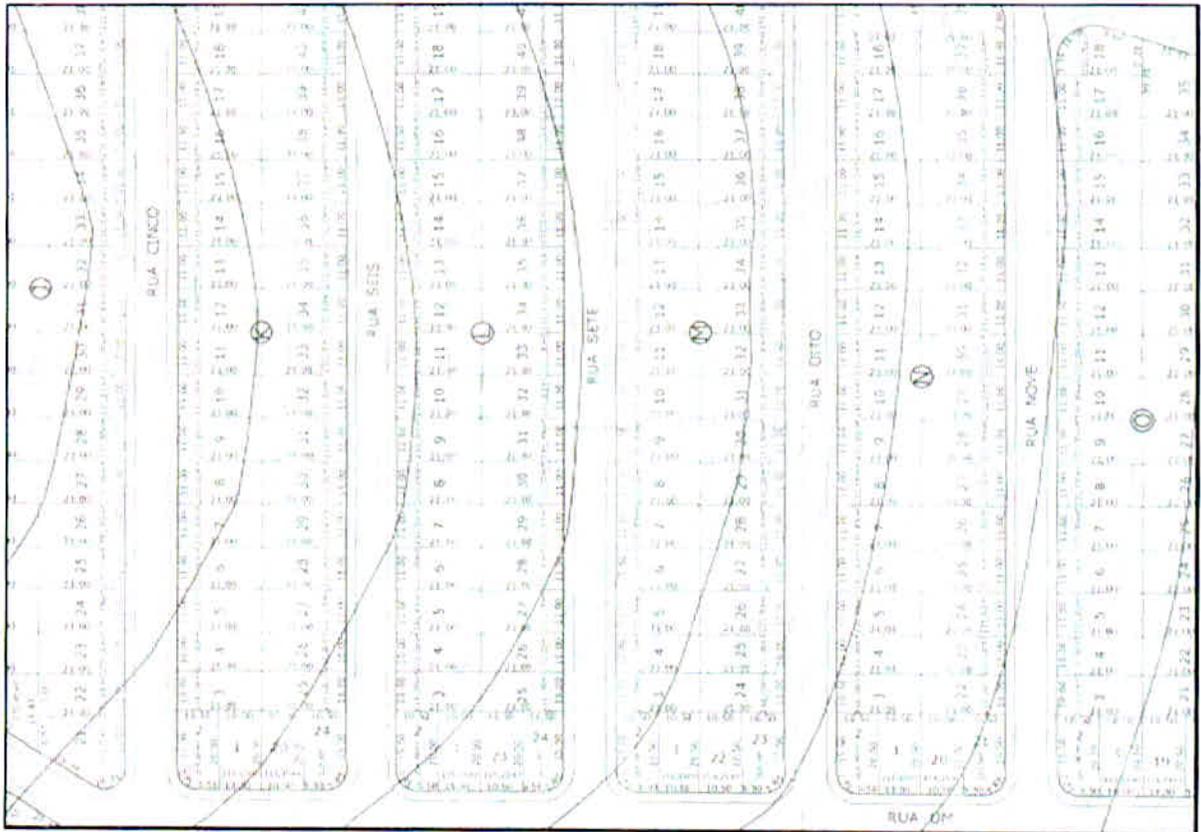


Figura 10 – Curvas de nível do bairro Treviso (Fonte: Imobiliária Alexandre Azevedo)



Figura 11 – Planta pdf das curvas de nível da área em estudo (Fonte: Imob. Alex Azevedo)



Figura 12 – Imagem em cad das microbacias das quadras (Fonte: Autoria própria)

3.2.10 Determinação do Coeficiente de Run off (C)

O Coeficiente de Run off é encontrado após a delimitação da bacia de contribuição, pois é baseado nas proporções destinadas às ruas, residências, áreas comerciais e áreas verdes.

O local de estudo é definido como de área urbana residencial de unidades múltiplas, separadas segundo a tabela 1 na página a seguir.

Tabela 1. Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coeficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Blocket	0,70 – 0,89
Paralelepípedo	0,58 - 0,81
Telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
florestas com declividade < 5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,35

Fonte: Secretaria Municipal de Obras do Rio de Janeiro (2008)

Conforme Coeficiente de Escoamento Superficial, os cálculos utilizam a média dos valores de áreas residenciais de unidades múltiplas, separadas de 0,40 a 0,60 $\Rightarrow C = 0,50$.

3.2.10.1 Cálculo do Coeficiente de Run off

O cálculo de “C” serão utilizados valores de C de acordo com a natureza da superfície; conforme tabela 1.

A divisão percentual da área tem os seguintes valores:

✓ Áreas residenciais = 71%

✓ Área de vias = 16%

✓ Áreas verdes = 13%

✓ Área comercial = 0%

$$C = \frac{\sum A_i.C_i}{A_t}$$

$$C = \frac{(71 * 0,50) + (16 * 0,925) + (13 * 0,2)}{100}$$

$$C = 0,529$$

3.2.11 Cálculo da Vazão por Área

O cálculo da vazão será dado pela fórmula :

$$Q = C . i . A$$

Que terá suas incógnitas substituídas pelos valores encontrados e será ajustada para obter o resultado em metros por segundo. Bastando o valor área para terá vazão correspondente àquela bacia ou microbacia.

$$Q = 0,529 * \frac{103,6}{(1000 * 3600)} * A$$

3.2.11.1 Cálculo da Vazão para a Área Total da Bacia

Este cálculo visa estimar qual a vazão total de uma chuva de intensidade igual a 103,6 mm/h na seção de controle da bacia delimitada.

$$Q = 0,529 * \frac{103,6}{(1000 * 3600)} * 277716,68$$

$$Q = 4,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.11.2 Cálculo das Vazões das Microbacias das Quadra

As vazões nas microbacias são importantes para se determinar as vazões, por trecho, a serem escoadas pelas sarjetas.

Tabela 2. Vazão das microbacias das quadras para C.i.A (1,5E⁻⁰⁵ *A)

Quadra	Bacia	Área(m ²)	Vazão(m ³ /s)	Quadra	Bacia	Área(m ²)	Vazão(m ³ /s)
A	Aa	4722,51	0,0718929	K	Ka	5985,3	0,0911169
	Ab	649,52	0,0098879		Kb	942,53	0,0143486
	Ac	502,81	0,0076545		Kc	5929,33	0,0902648
	Ad	1285,19	0,019565		Kd	1071,23	0,0163078
	Ae	1438,37	0,0218969	L	La	5967,61	0,0908476
B	Ba	2014,96	0,0306746		Lb	947,05	0,0144174
	Bb	1612,84	0,024553		Lc	5935,52	0,0903591
	Bc	534,09	0,0081307		Ld	1053,27	0,0160344
	Bd	1398,71	0,0212932	M	Ma	6023,5	0,0916984
	Be	1673,71	0,0254796		Mb	948,45	0,0144387
	Bf	797,76	0,0121447		Mc	5625,18	0,0856346
C	Ca	1401,54	0,0213363		Md	848,23	0,012913
	Cb	507,66	0,0077283	N	Na	5514,63	0,0839517
	Cc	1417,01	0,0215718		Nb	939,31	0,0142995
	Cd	581,64	0,0088546		Nc	5246,57	0,0798709
D	Da	2743,09	0,0417593		Nd	732,65	0,0111535
	Db	826,98	0,0125895	O	O a	5037,29	0,0766849
	Dc	2941,15	0,0447744		Ob	945,92	0,0144002
	Dd	529,42	0,0080596		Oc	4686,48	0,0713444
E	Ea	2041,89	0,0310846		Od	787,73	0,011992
	Eb	3060,57	0,0465924	P	Pa	4422,61	0,0673274
	Ec	885,96	0,0134874		Pb	936,64	0,0142589
F	Fa	1665,77	0,0253588		Pc	4022,09	0,0612301
	Fb	972,69	0,0148077		Pd	694,53	0,0105731
	Fc	1219,48	0,0185647	R	Ra	4911,14	0,0747645
G	Ga	2530,06	0,0385162		Rb	22323	0,3398326
	Gb	756,12	0,0115108		Rc	4852,73	0,0738753
	Gc	3070,61	0,0467453		Rd	1459,06	0,0222119
	Gd	1152,59	0,0175464	S	As	5362,4	0,0816342
H	Há	3523,24	0,0536358		Sb	1065,91	0,0162268
	Hb	799,39	0,0121695	T	Ta	3473,81	0,0528834
	Hc	4080,45	0,0621185		Tb	787,92	0,0119949
	Hd	1093,16	0,0166417		Tc	945,89	0,0143997
I	Ia	4452,76	0,0677863	U	Ua	3089,42	0,0470316
	Ib	1004,18	0,0152871		Ub	676,13	0,010293
	Ic	4895,44	0,0745255		Uc	695,56	0,0105888
	Id	1123,67	0,0171061	V	Va	6256,28	0,0952421
J	Já	5564,2	0,0847063		Vb	983,99	0,0149797
	Jb	730,75	0,0111245		Vc	389,9	0,0059356
	Jc	6094,46	0,0927787				
	Jd	1079,95	0,0164406				

Fonte: Autoria própria

Tabela 3. Vazão das microbacias das áreas verde, institucional e adjacentes C.i.A

Quadra	Bacia	Área(m ²)	Vazão(m ³ /s)	Quadra	Bacia	Área(m ²)	Vazão(m ³ /s)
Av	Ava	3500,68	0,0532924	Ai	Aia	5719,68	0,0870732
	Avb	3622,56	0,0551478		Aib	5948,18	0,0905518
Adj	Ad a	3783,06	0,0575912	Adj	Ad e	6899,39	0,1050325
	Ad b	2321,65	0,0353435		Ad f	4611,48	0,0702026
	Ad c	3764,83	0,0573137		Ad g	3054,16	0,0464948
	Ad d	2268,51	0,0345345				

Fonte: autoria própria

3.2.11.3 Cálculos das Vazões por Trecho

O cálculo da vazão por trecho visa estimar a capacidade de transporte das sarjetas, que é por onde as águas escoam inicialmente, geralmente em trechos definidos entre cruzamento de vias ou entre poços de visita e verificar se precisa ou não do implemento do sistema de drenagem através da captação da vazão excedente à capacidade das sarjetas.

3.2.11.3.1 Sarjetas

São canais irregulares de seção triangular, conforme a figura 13 a seguir.

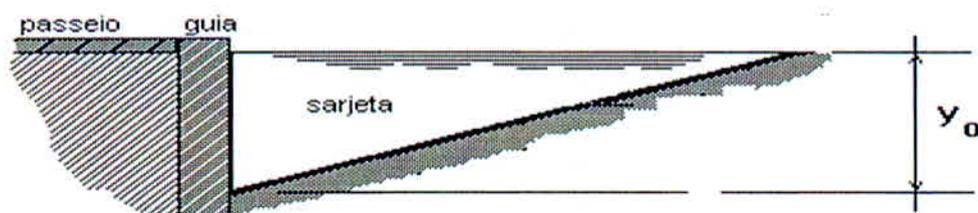


Figura13. Sarjeta triangular (Fonte: Sistema de Drenagem Pluvial; cap. 4).

Na bacia em estudo a sarjeta adotada tem as seguintes dimensões:

Altura do meio fio (h) = 0,15m

Largura da sarjeta (ls) = 0,35m

Inclinação transversal (it rua) = 1,0%

Inclinação transversal (it av.) = 2%

Inclinação da sarjeta (it sarj.) = 3,5%

3.2.11.3.2 Cálculo dos valores dos dados necessários à obtenção da vazão pela sarjeta

- a) Cálculo da altura de lâmina d'água (
- Y_0
-)

$$Y_0 = 0,8 * h$$

$$Y_0 = 0,8 * 0,15m$$

$$Y_0 = 0,12m$$

- b) Cálculo da diferença de alturas entre a sarjeta e a via

$$itsarj = \frac{Y_0 - Y_1}{l_s}$$

$$\frac{3,5}{100} = \frac{0,12 - Y_1}{0,35}$$

$$Y_1 = \frac{-1,225 + 12}{100}$$

$$Y_1 = 0,10775$$

- c) Cálculo do inverso das declividades

$$Z_1 = \frac{1}{itsarj}$$

$$Z_2 = \frac{1}{it\ via}$$

$$Z_1 = \frac{1}{0,035}$$

$$Z_2 = \frac{1}{0,01}$$

$$Z_1 = 28,57$$

$$Z_2 = 100$$

Será adotado o coeficiente e rugosidade (n) igual a 0,015

3.2.11.3.3 Cálculo da capacidade de vazão pela sarjeta

O resultado será obtido pela expressão:

$$q_{st} = 0,375 * \left[\frac{Z_1}{n} * Y_0^{\left(\frac{8}{3}\right)} - \frac{Z_1}{n} * Y_1^{\left(\frac{8}{3}\right)} + \frac{Z_2}{n} * Y_1^{\left(\frac{8}{3}\right)} \right] * i^{0,5}$$

3.2.11.4 Cálculo do Fator de Segurança

Para se obter os fatores de segurança em cada trecho, foi utilizada a tabela declividade versus fator de segurança; onde os valores da declividade são dados em porcentagem.

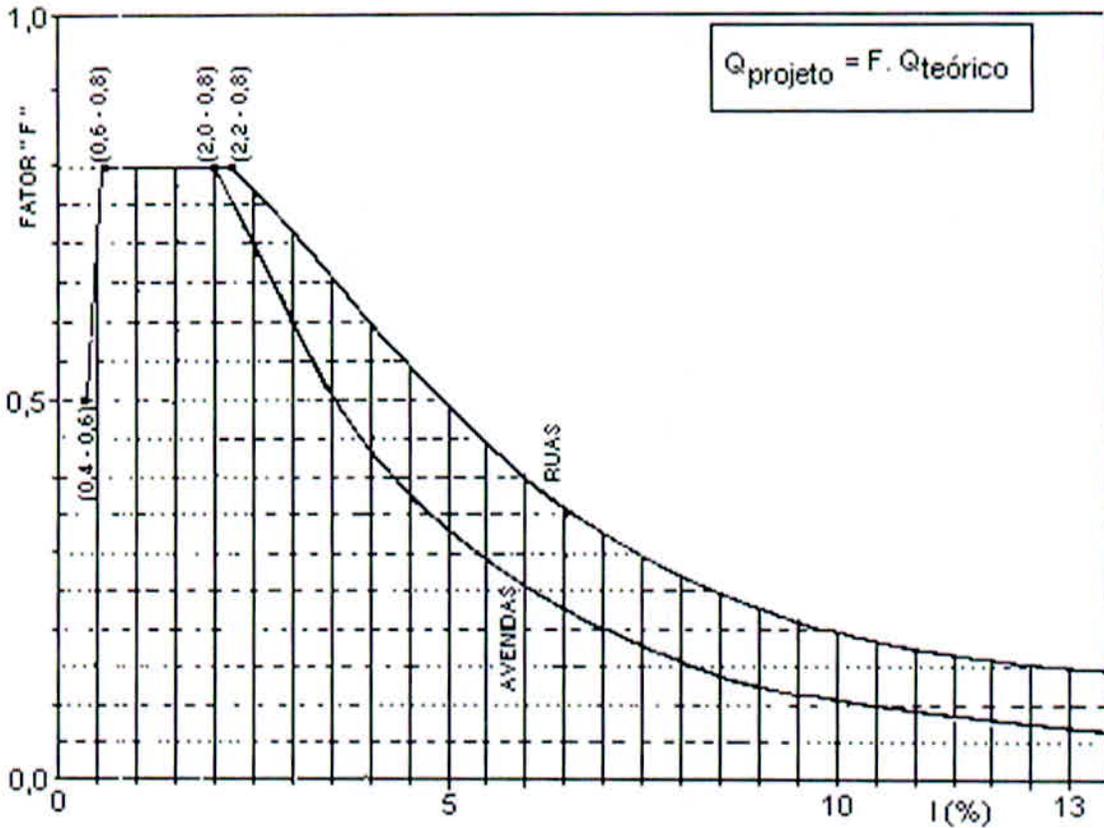


Figura 14 – Fator de redução F (Fonte: Sistema de Drenagem Pluvial; cap. 4).

3.2.11.5 Cálculo da Vazão Real

A vazão real é obtida pela redução da capacidade de escoamento da sarjeta tendo como objetivo impedir que por ocasião de chuvas intensas as águas alaguem o passeio. Ela é o resultado da multiplicação da vazão pela sarjeta (q_{st}) pelo fator de redução (F).

$$q_{sr} = q_{st} \times F$$

A vazão acumulada no trecho tende a escoar total ou parcialmente pela sarjeta dependendo das pré-condições descritas abaixo:

$$\text{Se } q_{st} < q_{sr} = \text{Sarjeta}$$

$$\text{Se } q_{st} > q_{sr} = \text{Galeria}$$

Tabela 4. Vazão por trecho p/ i =													
RUA	TRECHO	LADO	AREA	VAZÃO	V. ACUM.	COTA 1	COTA 2	L. Trecho	i Long.	qst*i ^{0,5}	f (Ábaco)	Escoam	Q Gal.
Vit. Sem	P4 a P5	Esq	4722,51	0,07189	0,0719	939,1	933,5	120,40	0,0465	1,5521	0,53	0,82226254	
V. Sem	P05 a P08	Esq	2014,96	0,03067	0,1026	933,5	924,3	80,30	0,1146	2,4360	0,15	0,3654036	
V. Sem	P08 a P13	Esq	1612,84	0,02455	0,1271	924,3	923,2	62,30	0,0177	0,9563	0,80	0,7650464	
Dan Cai	P14 a P13	Di/Es	1115,73	0,01699	0,0170	926,2	923,2	55,93	0,0536	1,6668	0,42	0,7000563	
V. Sem	P13 a P18	Esq	1401,54	0,02134	0,1655	923,2	919,2	71,30	0,0561	1,7046	0,44	0,7500382	
Dr. Mat	P20 a P18	Di/Es	1037,08	0,01579	0,0158	920,1	919,2	54,52	0,0165	0,9247	0,80	0,7397395	
V. Sem	P18 a P26	Esq	2743,09	0,04176	0,2230	919,2	908,0	118,50	0,0945	2,21256	0,21	0,4646379	
V. Sem	P18 a P26	Dir	3060,57	0,04659	0,0466	919,2	908,0	118,50	0,0945	2,21256	0,21	0,4646379	
J C And	P26 a P28	Esq	826,98	0,01259	0,2356	908,0	903,3	56,65	0,0830	2,07298	0,25	0,5182442	
J C And	P26 a P28	Dir	1219,48	0,01856	0,0652	908,0	903,3	56,65	0,0830	2,07298	0,25	0,5182442	
J A Sig	P05 a P11	Dir	797,76	0,01214	0,0121	935,5	930,1	70,05	0,0771	1,99820	0,27	0,5395132	
Rua Um	P11 a P10	Dir	1673,71	0,02548	0,0376	930,1	928,6	68,50	0,0219	1,06499	0,80	0,8519926	
Rua Um	P10 a P14	Dir	1398,71	0,02129	0,0589	928,6	925,0	51,29	0,0702	1,90669	0,43	0,8198772	
Rua Um	P14 a P20	Dir	1417,01	0,02157	0,0804	926,2	920,1	70,18	0,0869	2,12180	0,24	0,5092311	
Rua Um	P20 a P28	Dir	2941,15	0,04477	0,1252	920,1	903,3	141,43	0,1188	2,48044	0,16	0,3968710	
Rua Um	P28 a P63	Dir	1824,23	0,02777	0,4260	903,3	852,0	425,10	0,1207	2,50011	0,17	0,4250182	0,0010
Rua Um	P11 a P10	Esq	1265,03	0,01926	0,0193	930,1	928,6	68,50	0,0219	1,06499	0,80	0,8519926	
Rua Um	P10 a P16	Esq	1265,03	0,01926	0,0386	928,6	925,0	65,76	0,0547	1,68390	0,45	0,7577542	
Rua Dois	p16 a P16	Di/Es	3296,93	0,05019	0,0502	926,6	925,0	77,34	0,0207	1,03515	0,80	0,8281202	
Rua Um	P16 a P21	Esq	799,39	0,01217	0,1009	925,0	920,0	68,50	0,0730	1,94440	0,32	0,6222074	
Rua Três	p21 a P21	Di/Es	4266,60	0,06495	0,0650	920,4	920,0	102,90	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	
Rua Um	p21 a P24	Esq	1004,18	0,01529	0,1812	920	916,0	65,80	0,0608	1,77444	0,40	0,7097780	
R. Quatro	p24 a P24	Dir	2447,72	0,03726	0,0373	916,6	916,0	113,40	0,0053	0,52350	0,70	0,3664482	
R. Quatro	p24 a P24	Esq	2782,10	0,04235	0,0424	916,6	916,0	113,40	0,0053	0,52350	0,70	0,3664482	
Rua Um	P24 a P28	Esq	730,75	0,01112	0,2720	916,0	903,3	65,64	0,1935	3,16565	0,15	0,4748477	
R. Cinco	p28 a P28	Dir	3047,23	0,04639	0,0464	904,0	903,3	139,90	0,0050	0,50908	0,70	0,3563557	
R. Cinco	p28 a P28	Esq	2992,65	0,04556	0,0456	904,0	903,3	139,90	0,0050	0,50908	0,70	0,3563557	
Rua Um	P28 a P33	Esq	942,53	0,01435	0,3784	903,3	899,2	55,00	0,0745	1,96497	0,28	0,5501918	

RUA	TRECHO	LADO	AREA	VAZÃO	V. ACUM.	COTA 1	COTA 2	L. Trecho	i Long.	qst*i ^{0,5}	f (Ábaco)	qsr	Escoam	Q Gal.
R. Seis	p33 a P33	Dir	2964,66	0,04513	0,0451	899,6	899,2	126,50	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Seis	p33 a P33	Di/Esq	2983,80	0,04542	0,0454	899,6	899,2	126,50	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Rua Um	P33 a P35	Esq	947,05	0,01442	0,4833	899,2	890,0	55,00	0,1673	2,94346	0,15	0,4415189	galeria	0,0418
R. Sete	p35 a P35	Dir	2967,76	0,04518	0,0452	890,5	890,0	126,45	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Sete	p35 a P35	Esq	3011,56	0,04585	0,0458	890,5	890,0	126,45	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Rua Um	p35 a P41	Esq	948,45	0,01444	0,5887	890,0	886,4	55,00	0,0655	1,84126	0,32	0,5886512	galeria	0,0001
R. Oito	p41 a P41	Dir	2812,59	0,04282	0,0428	886,8	886,4	125,11	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Oito	p41 a P41	Esq	2757,31	0,04198	0,0420	886,8	886,4	125,11	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Rua Um	P41 a P45	Esq	939,31	0,01430	0,6878	886,4	879,1	55,00	0,1327	2,62196	0,15	0,3932935	galeria	0,2945
R. Nove	p45 a P45	Dir	2623,28	0,03994	0,0399	882,0	879,1	108,75	0,0267	1,17525	0,75	0,8814366	sarjeta	
R. Nove	p45 a P45	Esq	2518,64	0,03834	0,0383	882,0	879,1	108,75	0,0267	1,17525	0,75	0,8814366	sarjeta	
Rua Um	P45 a P50	Esq	945,92	0,01440	0,7804	879,1	874,5	55,00	0,0836	2,08134	0,25	0,5203350	galeria	0,2601
Rua Dez	p50 a P50	Dir	2343,24	0,03567	0,0357	875,0	874,5	99,70	0,0050	0,50966	0,70	0,3567639	sarjeta	
Rua Dez	p50 a P50	Esq	2211,30	0,03366	0,0337	875,0	874,5	99,70	0,0050	0,50966	0,70	0,3567639	sarjeta	
Rua Um	P50 a P53	Esq	936,64	0,01426	0,8641	874,5	864,0	54,00	0,1944	3,17353	0,15	0,4760302	galeria	0,3881
R. Onze	p53 a P53	Dir	2011,05	0,03062	0,0306	864,4	864,0	90,81	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Onze	p53 a P53	Esq	2455,57	0,03738	0,0374	864,4	864,0	90,81	0,0050	0,50890	0,60	0,3053386	sarjeta	
Rua Um	P53 a P63	Esq	2232,98	0,03399	0,9661	864,0	852,0	96,24	0,1247	2,54131	0,15	0,3811971	galeria	0,5849
Av. Um	P4 a P7	Dir	502,81	0,00765	0,0077	939,1	936,6	58,38	0,0428	1,48930	0,40	0,5957217	sarjeta	
Av. Um	P07 a P12	Dir	1438,37	0,02190	0,0296	936,6	929,4	67,08	0,1073	2,35784	0,12	0,2829414	sarjeta	
J A Sig	P5 a P11	Esq	649,42	0,00989	0,0099	935,5	930,1	70,05	0,0771	1,99820	0,27	0,5395132	sarjeta	
Rua Um	P11 a P12	Esq	1265,03	0,01926	0,0292	930,1	929,4	50,13	0,0140	0,85044	0,16	0,1360710	sarjeta	
Av. Um	P12 a P17	Dir	1152,59	0,01755	0,0763	929,4	924,5	55,00	0,0891	2,14814	0,13	0,2792579	sarjeta	
R. Dois	p16 a P17	Dir/Esq	3296,92	0,05019	0,0519	926,6	924,5	77,34	0,0272	1,18591	0,73	0,8657169	sarjeta	
Av. Um	P17 a P22	Dir	1093,16	0,01664	0,1431	924,5	919,6	55,00	0,0891	2,14814	0,13	0,2792579	sarjeta	
Rua Três	p21 a P22	Esq	2226,38	0,03389	0,0339	920,0	919,6	87,85	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Rua Três	p21 a P22	Dir	2040,23	0,03106	0,0311	920,0	919,6	87,85	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Av. Um	P22 a P25	Dir	1123,67	0,01711	0,2252	919,6	919,2	55,00	0,0073	0,61375	0,80	0,4910030	sarjeta	
R. Quatro	p24 a P25	Esq	2782,10	0,04235	0,0424	916,6	919,2	113,90	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Quatro	p24 a P25	Dir	2226,38	0,03389	0,0339	916,6	919,2	113,90	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	

RUA	TRECHO	LADO	AREA	VAZÃO	V. ACUM.	COTA 1	COTA 2	L. Trecho	i Long.	qst*i ^{0.5}	f (Ábaco)	qsr	Escoam	Q Gal.
Av. Um	P25 a P29	Dir	1079,95	0,01644	0,3179	916,6	903,0	55,00	0,2473	3,57877	0,05	0,1789384	galeria	0,1390
R. Cinco	p28 a P29	Esq	2992,65	0,04556	0,0456	904,0	903,3	139,87	0,0050	0,50913	0,70	0,3563939	sarjeta	
R. Cinco	p28 a P29	Dir	3047,23	0,04639	0,0464	904,0	903,3	139,87	0,0050	0,50913	0,70	0,3563939	sarjeta	
Av. Um	P29 a P34	Dir	1071,23	0,01631	0,4261	903,3	899,1	55,00	0,0764	1,98879	0,17	0,3380942	galeria	0,0881
R. Seis	p33 a P34	Esq	2964,66	0,04513	0,0451	899,6	899,1	126,48	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Seis	p33 a P34	Dir	2983,81	0,04542	0,0454	899,6	899,1	126,48	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Av. Um	P34 a P36	Dir	1053,27	0,01603	0,5327	899,1	889,8	55,00	0,1691	2,95941	0,05	0,1479707	galeria	0,3848
R. Sete	p35 a P36	Esq	3011,75	0,04585	0,0459	890,5	889,8	129,39	0,0054	0,52935	0,70	0,3705460	sarjeta	
R. Sete	p35 a P36	Dir	2067,76	0,03148	0,0315	890,5	889,8	120,39	0,0058	0,54878	0,70	0,3841469	sarjeta	
Av. Um	P36 a P42	Dir	848,23	0,01291	0,6230	889,8	886,2	57,87	0,0622	1,79502	0,25	0,4487557	galeria	0,1742
R. Oito	p41 a P42	Esq	2812,59	0,04282	0,0428	886,8	886,2	110,48	0,0054	0,53037	0,70	0,3712593	sarjeta	
R. Oito	p41 a P42	Dir	2757,32	0,04198	0,0420	886,8	886,2	110,48	0,0054	0,53037	0,70	0,3712593	sarjeta	
Av. Um	P42 a P46	Dir	732,65	0,01115	0,7189	886,2	881,3	57,90	0,0846	2,09365	0,14	0,2931111	galeria	0,4258
R. Nove	p45 a P46	Esq	2623,28	0,03994	0,0399	882,0	881,3	104,93	0,0067	0,58782	0,73	0,4291089	sarjeta	
R. Nove	p45 a P46	Dir	2518,65	0,03834	0,0383	882,0	881,3	104,93	0,0067	0,58782	0,73	0,4291089	sarjeta	
Av. Um	P46 a P51	Dir	787,73	0,01199	0,8092	883,1	874,7	57,87	0,1452	2,74194	0,05	0,1370971	galeria	0,6721
R. Dez	p50 a P51	Esq	2343,24	0,03567	0,0357	875,0	874,7	99,69	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Dez	p50 a P51	Dir	2211,31	0,03366	0,0337	875,0	874,7	99,69	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Av. Um	P51 a P54	Dir	694,53	0,01057	0,8891	874,7	864,0	56,80	0,1884	3,12366	0,05	0,1561828	galeria	0,7329
R. Onze	p53 a P54	Esq	2455,57	0,03738	0,0374	864,4	864,0	90,81	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
R. Onze	p53 a 54	Dir	2011,05	0,03062	0,0306	864,4	864,0	90,81	0,0050	0,50890	0,50	0,2544488	sarjeta	
Av. Um	P54 a P60	Dir	1459,06	0,02221	0,9793	864,0	857,6	77,60	0,0825	2,06683	0,14	0,2893561	galeria	0,6900
Av. Um	P1 a P12	Esq	741,11	0,01128	0,0113	941,5	929,4	149,25	0,0811	2,04918	0,14	0,2868858	sarjeta	
Av. Um	P12 a P22	Esq	5362,40	0,08163	0,0929	929,4	919,6	109,94	0,0891	2,14872	0,13	0,2793341	sarjeta	
R. Três	p23 a P22	Dir	1065,91	0,01623	0,0162	920,0	919,6	50,65	0,0079	0,63957	0,80	0,5116532	sarjeta	
R. Três	p23 a P22	Esq	945,89	0,01440	0,0144	920,0	919,6	50,65	0,0079	0,63957	0,80	0,5116532	sarjeta	
Av. Um	P22 a P29	Esq	3473,81	0,05288	0,1764	919,6	903,0	109,97	0,1510	2,79616	0,05	0,1398081	galeria	0,0366
R. Cinco	P30 a P29	Dir	787,92	0,01199	0,1199	903,6	903,0	42,04	0,0143	0,85978	0,80	0,6878278	sarjeta	
R. Cinco	P30 a P29	Esq	695,56	0,01059	0,0106	903,6	903,0	42,04	0,0143	0,85978	0,80	0,6878278	sarjeta	
Av. Um	P29 a P36	Esq	3089,42	0,04703	0,3539	903,0	889,8	109,92	0,1201	2,49399	0,70	1,7457905	sarjeta	

3.2.12 Dimensionamento das galerias da Rua Abraão Caineli

Para o dimensionamento das galerias foi utilizada a fórmula de Manning, já que se conhece a vazão a ser transportada.

$$Q = \frac{A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{0,5}}{n}$$

Decidiu-se utilizar a relação $y/d = 0,9$ por apresentar melhor funcionamento hidráulico. Para esta relação:

$$A_m = 0,7662 \cdot D^2$$

$$P_m = 2,6468 \cdot D$$

$$R_h = 0,2895 \cdot D$$

3.2.12.1 Cálculo da Declividade da Rua Abraão Caineli

No cálculo da declividade média da rua Abraão Caineli foi utilizada a fórmula da declividade S conforme o livro Drenagem Urbana, 1995; manual de projeto da CETESB.

$$S = \left(\frac{(L_1 \cdot S_1^{0,24} + L_2 \cdot S_2^{0,24} + \dots)}{(L_1 + L_2 + \dots)} \right)^{4,17}$$

$$S = \left(\frac{(29,1 \cdot 0,0170,24 + 117,6 \cdot 0,0050,24 + 75,1 \cdot 0,01070,24 + 84,43 \cdot 0,05690,24 + 70,19 \cdot 0,03560,24)}{(29,10 + 117,6 + 75,1 + 84,43 + 70,19)} \right)^{4,17}$$

$$S = 0,01776 \text{ m/m}$$

3.2.12.2 Dimensionamento dos Trechos da Rua Abraão Caineli

-Trecho Pv60 a Pv62

$$1,27 = \frac{0,7662D^2 * 0,2895D * 0,0177^{0,5}}{0,015}$$

$$D = 0,86 \text{ m}$$

$$D_{Ado} = 1,00 \text{ m}$$

- Trecho Pv62 a Pv63

$$1,98 = \frac{0,7662D^2 * 0,2895D * 0,0177^{0,5}}{0,015}$$

$$D = 1,00 \text{ m}$$

-Trecho Pv63 a Pv64

$$2,98 = \frac{0,7662D^2 * 0,2895D * 0,0177^{0,5}}{0,015}$$

$$D = 1,15 \text{ m}$$

$$D_{Ado} = 1,2 \text{ m}$$

4 RESULTADOS

4.1 Projetos e soluções

Por ser uma região urbanizada; a solução a ser adotada, passaria primeiro por um rigoroso estudo, a fim de identificar áreas disponíveis que possam receber as intervenções sem, contudo, afetar outras áreas ou regiões. A solução mais adequada foi implementar novos diâmetros na rede paralela à antiga rede, pois esta implicaria em obras somente na via pública, causando menores transtornos.

Consta como parte do novo projeto de drenagem feito pela Construtora HM Ltda., uma rede drenagem para a Rua Abrão Cainelli com as seguintes dimensões:

- . no primeiro trecho entre o PV (cota 858,4m) e o PV (cota 857,9m) com extensão de 29,10m e diâmetro de 600mm;
- . no segundo trecho entre o PV (cota 857,9m) e o PV (cota 857,6m) com extensão de 117,00m e diâmetro de 600mm;
- . no terceiro trecho entre o PV (cota 857,6m) e o PV (cota 856,8m) com extensão de 75,10m e diâmetro de 800mm;
- . no quarto trecho entre o PV (cota 856,8m) e o PV (cota 852,0m) com extensão de 84,5m e diâmetro de 800mm;
- . no quinto trecho entre o PV (cota 852,0m) e o PV (cota 849,5m) com extensão 70m e diâmetro de 1000mm.

Mas para atender as necessidades de escoamento em caso de chuvas intensas, a melhora nas dimensões da tubulação deveria contemplar as seguintes dimensões:

- . no primeiro trecho entre o Pv59 (cota 858,4m) e o Pv61 (cota 857,9m) e extensão de 29,10m o diâmetro de 600mm;
- . no segundo trecho entre o Pv61(cota 857,9m) e o Pv60 (cota 857,6m) e extensão de 117,0m o diâmetro de 800mm;
- . no terceiro trecho entre o Pv60 (cota 857,6m) e o Pv62 (cota 856,8m) e extensão de 75,1m o diâmetro de 1000mm;
- . no quarto trecho entre o Pv62 (cota 856,8) e o Pv63 (cota 852,0m) e extensão de 84,5m o diâmetro de 1000mm;
- . no quinto trecho entre o Pv63 (cota 852,0m) e o Pv64 (cota 849,5m) e extensão de 70,0m o diâmetro de 1200mm.

Até o momento os resultados obtidos com implantação da nova rede têm se mostrado satisfatórios diante de chuvas simuladas; porém devido a um período de seca atípica para a região nesta época do ano; aguarda-se a regularização do período chuvoso para que o sistema seja plenamente testado em sua capacidade real.

4.2 Custos do projeto

Baseado no custo de implantação, de R\$ 8,00 o metro linear; fornecidos pela Grandhi Projetos e Construções Ltda. e no custo estimado dos materiais obtidos na web conforme tabela abaixo;

Tabela 5. Dimensões e preços de tubos de concreto

DIâmetro	Comprimento Um.	Preço Unitário
600mm	1500mm	R\$ 90,47
800mm	1500mm	R\$114,00
1000mm	1500mm	R\$226,98
1200mm	1500mm	R\$316,85

Fonte: Prefeitura de São Paulo

chegou-se aos seguintes valores aproximados para a intervenção pretendida: conforme tabela a seguir:

Tabela 6. Valores parciais e total da intervenção.

Trecho	Comprimento	Valor
Primeiro	29,10 metros	R\$1.987,92
Segundo	117,00 metros	R\$9.828,00
Terceiro	75,10 metros	R\$11.965,12
Quarto	84,50 metros	R\$13.462,54
Quinto	70 metros	R\$15.346,33
	Total	R\$52.589,91

Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

A ampliação do conhecimento dos regimes de chuva e escoamento das águas de uma determinada área, é de suma importância; por permitir, às autoridades e órgãos competentes, embasar decisões de ocupação e uso do solo.

Na falta de uma normatização geral, tem cabido aos municípios estabelecer regras que conciliem desenvolvimento e redução de impactos ambientais; o que acabará, de certa forma, sendo positivo; pois, poderão ser gerados projetos adequados à realidade local. O que tem interferido negativamente é o fato de não se ter diretrizes mínimas para a implantação ou adequação de sistemas de drenagem existentes, que privilegiem o escoamento natural das águas. Isso aliado a falta de profissionais dedicados ao assunto e ao desinteresse de boa parte da classe política, por acharem as medidas dispendiosas e sem retorno político, tem se permitido ainda, a implantação de empreendimentos que caminham na direção contrária ao que é preconizado pela moderna literatura sobre o assunto.

Em cidades com as características físicas de Varginha – MG; terrenos extremamente ondulados e irregulares, permeados por pequenos cursos d'água; a crescente urbanização gera pressão significativa sobre o sistema de drenagem de áreas deprimidas e em última instância sobre estes mesmos cursos d'água. No caso da área em estudo, Loteamento Bairro Treviso e Rua Abrão Cainelli, a região abaixo do empreendimento, no entorno do Ribeirão da Vargem, encontra-se totalmente urbanizada; e o referido ribeirão sem nenhuma cobertura vegetal e com suas margens pavimentadas e seu leito bastante assoreado. A falta de um planejamento e uma visão integrada sobre a ocupação no entorno deste curso d'água, poderá se refletir em graves problemas futuros; pois a intensa impermeabilização, aliada a inclinação das vias, faz com que todas águas pluviais cheguem rapidamente ao ribeirão, inundando sua calha; o que provocaria enchentes cada vez mais recorrentes.

Uma atuação preventiva relacionada ao correto planejamento, execução de obras de drenagem e dispersão final de águas pluviais; evitaria os altos custos na solução de problemas relacionados à água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETO, José Martiniano de; Manual de Hidráulica. 8ª edição; 11ª reimpressão. São Paulo: Editora Blücher, 2012.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. 3ª edição. São Paulo: Editora Blücher, 2011.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 1ª edição São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- CETESB; Drenagem Urbana. 3ª edição. São Paulo: CETESB, 1986.
- FERNANDES, Renato de Oliveira; Introdução a Drenagem Urbana – Microdrenagem – URCA.pdf. Acessado em 21-01-2014.
- FILHO, Prof. Dr. Kamel Zahed; MARTINS; Prof. Dr. José Rodolfo Scarati; PORTO, Prfª. Drª. Mônica Ferreira do Amaral; MACRODRENAGEM – Planejamento de obras de macrodrenagem; Dimensionamento hidrológico; Obras de afastamento e de contenção; Dimensionamento hidráulico de canais e galerias. Escola Politécnica da USP, Departamento de Eng. Hidráulica e Sanitária PHA 2537 (2013). Acessado em 21-01-2014.
- GARCEZ, Lucas Nogueira; Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2ª edição – 1976; 7ª reimpressão. São Paulo: Editora Blücher, 2006.
- GRIBBIN, John E.; Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais. 3ª edição norte americana; (tradução Glauco Peres Damas). São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- PAIVA, Ed Carlo Rosa; Drenagem Urbana – Microdrenagem – UFG – CAC .pdf. Acessado em 21-01-2014.
- TOMAZ, Plínio; Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais. São Paulo: Navegar Editora, 2011.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. Inundações Urbanas na América do Sul. 1ª edição Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2003.
- Censo Demográfico 2010. Disponível em < <http://www.ibge.gov.>>. Acesso em 14-01-2014.
- Drenagem Urbana. Disponível em: < http://ducp_FF_parte1.pdf>. Acesso em 14-01-2014.
- Normatização de Trabalhos Acadêmicos. Disponível em: < <http://www.abnt.com.br> >. Acesso em 14-01- 2014.
- Sistema de drenagem Pluvial. Disponível em: <www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html> Acesso em 15-01-2014.
- Tabela Vazão x Coeficiente de Segurança. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br> Acesso em 16-11-2014.