

N. CLASS.	627.54
CUTTER	T 231p
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG

ENGENHARIA CIVIL

MARINA SANTOS TAVARES

**PARÂMETROS PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA
AVENIDA ALZIRA BARRA GAZZOLA NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

**Varginha
2015**

MARINA SANTOS TAVARES

**PARÂMETROS PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA
AVENIDA ALZIRA BARRA GAZZOLA NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito
para a obtenção do grau de bacharel sob a orientação do
Professor Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha
2015**

MARINA SANTOS TAVARES

**PARÂMETROS PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA
AVENIDA ALZIRA BARRA GAZZOLA NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como
pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel pela
banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 01/12/2015

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

Prof. Ms. Ivana Prado Vasconcelos

Prof. Esp. Leopoldo Freire

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram de alguma forma em minha jornada acadêmica. Em especial aos meus pais Vlademiro Mendes Tavares e Maria do Carmo Santos Tavares.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me concedido saúde e disposição para enfrentar os desafios de cada dia. Aos meus familiares pelo apoio incondicional. Aos meus amigos de classe pelo companheirismo e auxílio em todos estes 5 anos. Ao meu orientador Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior pela total disposição e empenho em me orientar, buscando sempre a perfeição dos temas abordados.

RESUMO

Este trabalho apresenta parâmetros a serem implantados para a adequação do sistema de drenagem da avenida Alzira Barra Gazzola no município de Varginha-MG, uma vez que, o sistema implantado não tem sido eficiente, continuando a ocorrer o alagamento do ponto mais baixo da avenida. Inicialmente foi feito um estudo hidrológico para a determinação da intensidade da chuva, tempo de retorno e tempo de concentração com o intuito de determinar a vazão máxima da área em estudo. Posteriormente foram dimensionadas as sarjetas, bocas de lobo e galerias. Com a captação total das águas pluviais através dos dispositivos de drenagem, foi localizado um curso d'água próximo à avenida para o direcionamento final da mesma, inclusive prevendo estruturas para a proteção do corpo receptor.

Palavras-Chave: Microdrenagem, alagamentos, água pluvial

ABSTRACT

This paper presents parameters to be deployed to the adequacy Avenue drainage system Alzira Barra Gazzola in the city of Varginha , Minas Gerais, since the implanted system have not been effective , continuing to occur in flooding of the lowest point of the avenue. Initially it was made a hydrological study to determine the intensity of the rain, return time and time of concentration in order to determine the maximum flow of the study area. They were later scaled the gutters, mouths - of - wolf and galleries. With the complete collection of rain-water through drainage devices, it was located a stream near the avenue to the end in the same direction, including providing frameworks for the protection of the receiving body.

Keywords: *Urban drainage, minor drainage, rain water.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sarjeta.....	14
Figura 2 - Sarjetão.....	15
Figura 3 - Boca de lobo simples.....	16
Figura 4 - Boca de lobo com grelha.....	16
Figura 5 - Boca de Lobo combinada.....	17
Figura 6 - Galeria.....	17
Figura 7 - Relação y/d.....	22
Figura 8 - Alagamento Parcial da Via.....	25
Figura 9 - Curvas de nível.....	26
Figura 10 - Dimensões muro de ala.....	33
Figura 11 - Corpo Receptor.....	35
Figura 12 - Área de Contribuição.....	36
Figura 13 - Parâmetros da equação IDF (k,a,b,c), obtidos pelo software Plúvio 2.....	38
Figura 14 - Trechos de estudo.....	39
Figura 15 - Posicionamento das bocas.....	41
Figura 16 - Traçado da rede.....	41
Figura 17 - Muro de Ala.....	42
Figura 18 - Dimensões Enrocamento.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de período de retorno	20
Quadro 2- Coeficiente de escoamento superficial “C”	20
Quadro 3 - Escoamento em seções parciais.....	23
Quadro 4 - Fator de redução nas sarjetas.....	30
Quadro 5 - Fator de Redução da Capacidade das Bocas de Lobo.....	31
Quadro 6 - Espaçamento entre poços de visita.....	33
Quadro 7 - Comprimento e profundidade do rip-rap avental adaptado por FHWA	34
Quadro 8 - Bacia de Contribuição	36
Quadro 9 - Áreas Parciais.....	38
Quadro 10 - Vazão Máxima da bacia de contribuição	39
Quadro 11 - Determinação da Capacidade de transporte da sarjeta	40
Quadro 12 - Dimensionamento Boca de lobo	40
Quadro 13 - Dimensionamento tubos de Ligação	41
Quadro 14 - Dimensões Enrocamento.....	42
Quadro 15 - Estimativa de Custo da Obra.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos.....	12
1.1.1. Objetivo Geral.....	12
1.1.2. Objetivos Específicos.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Urbanização.....	13
2.2. Drenagem urbana e Microdrenagem	13
2.3. Dispositivos de Drenagem Urbana.....	14
2.3.1. Sarjeta e Sarjetão	14
2.3.2. Bocas de Lobo.....	15
2.3.2.1. Boca de lobo simples	15
2.3.2.2. Boca de lobo com grelha	16
2.3.2.3. Boca de lobo combinada.....	16
2.3.3. Galerias Pluviais	17
2.3.5. Poços de Visita	18
2.4. Hidrologia Fundamental	18
2.4.1. Bacia de Contribuição ou Bacia Hidrográfica	18
2.4.2. Intensidade da chuva	18
2.4.3. Tempo de Escoamento Superficial	18
2.4.4. Tempo de Concentração.....	18
2.4.5. Tempo de Retorno.....	19
2.4.6. Coeficiente de Deflúvio	20
2.4.7. Determinação da Vazão Máxima: Método Racional.....	21
2.5. Escoamento Uniforme em Canais	21
2.6. Lançamento de águas pluviais no corpo receptor.....	23
2.6.1. Enrocamento.....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. Classificação da pesquisa	25
3.2. Caracterização da área de contribuição e/ou bacia hidrográfica	25
3.3. Determinação do período de retorno	26
3.4. Determinação do tempo de escoamento superficial	26
3.6. Determinação do tempo de concentração.....	27
3.5. Determinação da intensidade máxima da precipitação.....	27

3.6 Determinação do Coeficiente de Deflúvio	28
3.7 Determinação da vazão máxima da bacia contribuinte	28
3.8 Dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem	29
3.8.1 Sarjetas	29
3.9 Determinação da capacidade de engolimento das bocas de lobo	30
3.10 Dimensionamento das Galerias	31
3.11 Poços de Visita	33
3.12 Lançamento das águas pluviais no corpo receptor	33
3.13 Estimativa de Custo	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 Área de Contribuição	36
4.2 Tempo de escoamento Superficial	37
4.3 Determinação do Tempo de Concentração pela fórmula de George Ribeiro	37
4.4 Determinação da intensidade máxima de precipitação	37
4.5 Determinação do Coeficiente Médio de Deflúvio	38
4.6 Determinação da Vazão Máxima	39
4.7 Dimensionamento da Sarjeta/Capacidade de transporte	39
4.8 Dimensionamento das Bocas de lobo	40
4.9 Tubos de Ligação e Galerias	41
4.10 Lançamento das águas pluviais	42
4.11 Estimativa de Custo	43
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A	47
APÊNDICE B	48
APÊNDICE C	49

1. INTRODUÇÃO

Com o demasiado crescimento das áreas urbanas e conseqüentemente o aumento de áreas impermeabilizáveis, cada vez mais é notável as deficiências do sistema de escoamento das águas pluviais. O escoamento superficial sempre ocorrerá independentemente da utilização ou não dos dispositivos de drenagem. Na área rural, por exemplo, a água se infiltra lentamente pela camada do solo e parte fica retido pelas folhas das plantas e árvores. Já na área urbana o escoamento se faz pelo sistema de drenagem devido a impermeabilização do solo. Problemas como inundações, erosões da via ou terreno estão diretamente ligados a falta ou mau dimensionamentos dos dispositivos de drenagem urbana. Além da impermeabilização do solo outros fatores contribuem para o agravamento dos problemas relacionados a falta da drenagem urbana, entre eles estão a falta de conscientização da população e também a falta de legislação e fiscalização do uso e ocupação do solo. Deste modo se faz essencial o planejamento da ocupação do espaço urbano e também dos dispositivos de drenagem para que se possa evitar impactos sociais, econômicos e ambientais a sociedade.

O planejamento em um sentido abrangente nada mais é do que a atividade destinada a resolver problemas de uma comunidade de modo ordenado em um determinado espaço de tempo. O planejamento de um sistema de drenagem deve buscar um projeto que seja técnica e economicamente viáveis e com menores custos.

O planejamento do uso e ocupação é de extrema importância para a população, uma vez que feito um estudo prévio das áreas a serem urbanizadas, gastos com enchentes ou inundações, por exemplo, poderão ser evitados devido ao melhor condicionamento das áreas a serem urbanizadas e também ao correto dimensionamento do sistema de drenagem. A qualidade do sistema de drenagem influenciará diretamente em prejuízos ou benefícios à população. A drenagem das águas pluviais é um dos serviços abordados ao plano de saneamento básico conforme a lei nº11.445/07.

Desde a inauguração da cidade universitária do grupo Unis em Varginha - MG um problema é recorrente aos utilitários da avenida Alzira Barra Gazzola, durante o período das chuvas ocorre o alagamento de água em um ponto da via e dependendo da intensidade das chuva ocorre o alagamento total da via podendo gerar acidentes. Mesmo com a implantação de um sistema parcial de drenagem, o problema ainda ocorre. Foi feito um estudo do local e verificado que o sistema de drenagem implantado é ineficaz. Desta forma é necessário a readequação do sistema de drenagem da avenida para a eliminação total do problema. O sistema a ser

implantado deve ser completo, ou seja, deve-se fazer a captação total da vazão e direcioná-la para o curso d'água ou sistema de macrodrenagem mais próximo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo apresentar alternativas para sanar os problemas decorrentes da falta de um sistema de microdrenagem na avenida Alzira Barra Gazzola no município de Varginha/MG.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterização topográfica da avenida Alzira Barra Gazzola através do software Google Earth/ Global Mapper;
- Subdivisão de área e traçado da bacia de contribuição;
- Determinação da vazão máxima da avenida;
- Dimensionamento do sistema de microdrenagem;
- Disposição final das águas pluviais;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Urbanização

O crescimento urbano desenfreado tem sido motivo de discussão em vários setores da sociedade. A falta de planejamento e políticas públicas que visem o controle e melhor direcionamento do uso e ocupação solo causam impactos negativos a população urbana que cada vez mais enfrentam problemas como inundações, enchentes e surgimento de doenças e epidemias causadas na maioria das vezes pela falta de saneamento básico.

De acordo com Sampaio *et al.* (2011), a urbanização é o processo de transformação da população rural em população urbana em decorrência da migração. Nas décadas de 1960 e 1990, que tiveram como consequência o êxodo rural e o aumento das cidades brasileiras, levando a um aumento de cerca de 350% na população nos centros urbanos.

Segundo Tucci *et al.* (1995) o acelerado processo de urbanização após a década de 60 ocasionou em uma população urbana com o mínimo de infraestrutura. O impacto desse processo ocasionou problemas na área de abastecimento de água, tratamento de esgoto e a drenagem de águas pluviais.

Para Carvalho (1995) os cursos d'água que se situam em bacias com áreas parcialmente ou totalmente urbanizadas sofrem impacto no seu funcionamento, já que tem seu escoamento superficial afetado.

De acordo com Tucci *et al.* (1995), devido à urbanização, as águas que antes infiltravam de forma natural e lenta no solo e também uma parcela retida nas plantas deixam de ocorrer uma vez que as áreas urbanas causam a impermeabilização do solo seja por vias asfaltadas, redução da área verde, telhados entre outros. Desta forma é necessário que o escoamento das águas pluviais ocorra por dispositivos de drenagem,

Desta forma é necessária que a urbanização de qualquer área se dê através de estudo e planejamento prévio para evitar que ocorram prejuízos a população urbana

2.2 Drenagem urbana e Microdrenagem

Segundo Cardoso Neto (s.n.t), drenagem é o dispositivo utilizado para o escoamento de águas pluviais em excesso, sejam em rodovias, áreas rurais ou urbanas, sendo a última o objeto de estudo. Contudo podemos definir drenagem urbana como o sistema responsável pelo

escoamento das águas pluviais na área urbana, com o objetivo de evitar riscos e prejuízos que possam vir ocorrer devido ao mau direcionamento das águas pluviais. O sistema de drenagem urbana é subdividido em microdrenagem e macrodrenagem. Ainda de acordo com o mesmo autor, microdrenagem é o sistema responsável pela captação primária das águas pluviais e sua condução até o sistema de macrodrenagem.

De acordo Fugita et.al (1980) o sistema de microdrenagem é composto por dispositivos como sarjetas, sarjetões, poços de visita, bocas de lobo e galerias.

2.3 Dispositivos de Drenagem Urbana

2.3.1 Sarjeta e Sarjetão

De acordo com Fugita et.al (1980) as sarjetas são canais que tem por função coletar e conduzir as águas pluviais da via pavimentada até as bocas de lobo ou sarjetões.

De acordo com o manual de drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte- DNIT (2006) as sarjetas tem por objetivo conduzir as águas que precipitam até o ponto de captação. Um exemplo de sarjeta pode ser observada na figura 01 – sarjeta.

Figura 1 – Sarjeta



Fonte: O autor (2015)

Segundo Botelho (2011) os sarjetões são canais localizados em pontos mais baixos ou cruzamentos e tem por função coletar e conduzir as águas superficiais até as bocas de lobo ou até a outras sarjetas.

Para Fugita et.al (1980) sarjetão é o canal triangular localizado nos pontos baixos das ruas ou em cruzamentos e tem por objetivo coletar e conduzir as águas pluviais até as bocas de lobo ou à outras sarjetas, um exemplo de sarjetão é apresentado na figura 02 – sarjetão.

Figura 2 - Sarjetão



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2010)

2.3.2 Bocas de Lobo

Para Tucci et al. (1995) bocas de lobo são dispositivos posicionados em pontos estratégicos nas sarjetas para a captação das águas pluviais. Podem ser classificadas quanto ao tipo ou localização.

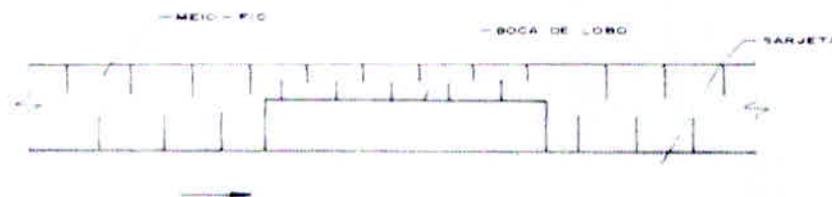
De acordo com o manual de drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT (2006) as bocas de lobo são dispositivos de drenagem que tem por finalidade coletar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas e direcioná-las as galerias. Ainda de acordo com a referência as mesmas podem ser classificadas em boca de lobo simples, boca de lobo com grelha ou ainda podem funcionar de forma combinada.

2.3.2.1 Boca de lobo simples

Segundo Fugita et.al (1980) as bocas de lobo simples conforme figura 03, são aquelas que possuem abertura vertical na guia, possibilitando a entrada das águas pluviais oriundas do escoamento sobre as sarjetas.

De acordo com DNIT (2006) a boca de lobo simples pode funcionar como vertedouro de seção retangular, quando a lâmina d'água não superar a altura da abertura da guia. Caso a mesma supere a abertura da guia, a boca de lobo simples passará a funcionar como orifício.

Figura 3 – Boca de lobo simples



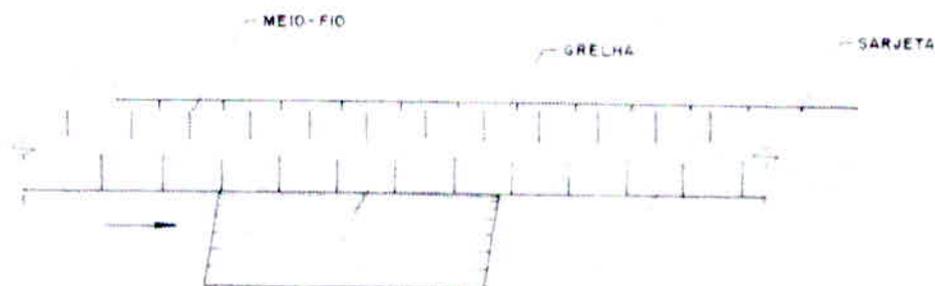
Fonte: DNIT (2006)

2.3.2.2 Boca de lobo com grelha

Segundo Fugita et.al (1980) as bocas de lobo com grelha conforme figura 04, são aquelas que realizam a captação vertical das águas pluviais, As grelhas são utilizadas para evitar a obstrução por materiais de maiores dimensões.

De acordo com o manual de drenagem do DNIT (2006) as bocas de lobo com grelha comportam-se como vertedor de soleira livre quando altura da lâmina d'água for menor ou igual a 12 cm. Para altura da lamina d'água acima de 42 cm a mesma se comporta como orifício.

Figura 4 - Boca de lobo com grelha

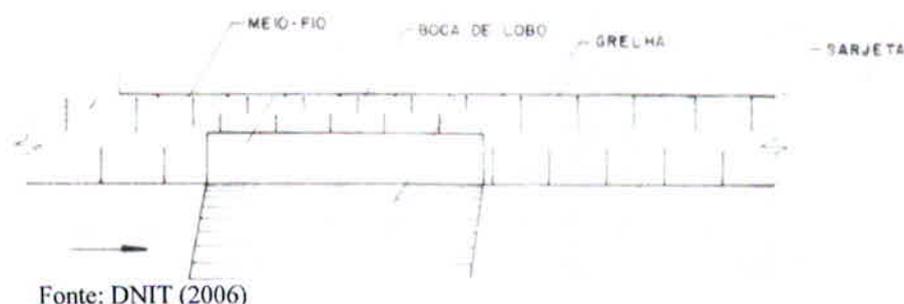


Fonte: DNIT (2006)

2.3.2.3 – Boca de lobo combinada

Para Fugita et.al (1980) as bocas de lobo podem funcionar de forma combinada, ou seja, associar a boca de lobo simples com a grelha formando um único sistema, conforme é apresentado na figura 05.

Figura 5 - Boca de Lobo combinada



2.3.4 Galerias Pluviais

De acordo com Tucci et al. (1995) galerias são canalizações utilizadas para a condução de águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas.

Segundo Fugita et.al (1980) galeria é o conduto destinado a conduzir a água pluvial desde o ponto de captação até o local de despejo. Um exemplo de galeria circular pode ser observado na figura 06.

De acordo com Tucci (1995), a velocidade nas galerias de concreto devem estar entre 0,60 e 5,0 m/s, evitando a sedimentação devido a velocidades muito baixas ou ainda a erosão do tubo devido a velocidades muito altas.

Para Netto (1998) devido à falta de uma norma brasileira com exigências específicas, recomenda-se que a velocidade nas galerias de concreto estejam entre 0,75 m/s e 5,00 m/s.

Figura 6 - Galeria



Fonte: Ebah (2015)

2.3.5 Poços de Visita

Para Tomaz (2013) os poços de visita são utilizados para manter a manutenção e limpeza das galerias, assim como, são utilizadas em mudanças de declividade, direção e diâmetro das galerias.

De acordo com o manual de drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura – DNIT (2006) os poços de visita são dispositivos que tem por objetivo permitir a limpeza e eficiência das galerias. São utilizadas para mudança de direção, declividade ou quando há a necessidade de alteração de diâmetro das galerias.

2.4 Hidrologia Fundamental

2.4.1 Bacia de Contribuição ou Bacia Hidrográfica

De acordo com Pinto et al. (1976) bacia hidrográfica ou bacia de contribuição é a área delimitada geograficamente que recebe a água da chuva e a direciona naturalmente para a área da seção considerada.

Segundo Garcez (1976) bacia de contribuição é uma dada seção de um curso d'água delimitada topograficamente, onde as águas pluviais afluem a seção considerada.

2.4.2 Intensidade da chuva

Segundo Botelho (2011) a intensidade de chuva é a quantidade de chuva que cai em uma determinada área, durante certo tempo.

2.4.3 Tempo de Escoamento Superficial

Para Botelho (2011) tempo de escoamento superficial é o tempo que uma gota leva para percorrer toda a talvegue até a primeira boca de lobo do sistema.

2.4.4 Tempo de Concentração

Segundo Gribbin (2014) tempo de concentração é o intervalo de tempo necessário pra que ocorra o escoamento pluvial do ponto mais distante da bacia hidrográfica ao exutório.

De acordo com o manual de hidrologia do Departamento Nacional de Infraestrutura e

Transportes – DNIT (2005) a avaliação e escolha da fórmula do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa devido as inúmeras condicionantes envolvidas, sendo assim é extremamente necessária atenção do projetista para a escolha da fórmula ideal uma vez que o tempo de concentração influi diretamente no resultado da vazão de projeto.

Para Tomaz (2013), o tempo de concentração é o tempo em que gasta para que toda a área de contribuição considerada contribua para o escoamento superficial na área estudada.

Ainda de acordo com a mesma referência existem várias fórmulas empíricas para determinar o valor do tempo de concentração. Entre elas podemos citar as fórmulas indicadas para pequenas bacias, entre elas estão:

- Fórmula de Kirpich utilizado para pequenas bacias com até 50ha. Este método é muito utilizado na aplicação do Método Racional.
- Fórmula California Culverts Practice, aplicado em bacias rurais para áreas maiores que 1km².
- Fórmula de Kerby, recomendado para bacias muito pequenas, menor que 4ha e comprimento talvegue menor que 365 m.

Uma outra formula bastante difundida e recomendada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT é a fórmula de George Ribeiro no qual é recomendada tanto para bacias menores como para as maiores.

2.4.5 Tempo de Retorno

O tempo de retorno é baseado de acordo com dados estatísticos de chuva da região e desta forma é analisado o tempo de ocorrência da chuva de maior intensidade. Botelho (2011).

Segundo Tomaz (2011) tempo de retorno é o período médio que um evento hidrológico possa ser igualado ou superado ao menos uma vez.

De acordo com Tucci et al (1995) para obras de microdrenagem utiliza-se o período de retorno de 2 a 10 anos.

Período de retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. Ao se decidir, portanto, que uma obra será projetada para uma vazão com período de retorno T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido à população. Trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade. Esse critério deve ser definido em esferas políticas, uma vez que são a comunidade e seus representantes, que decidirão o grau de proteção desejável e o quanto estarão dispostos a pagar por ele. (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999, p.11).

De acordo com o manual de drenagem urbana da CETESB(1980) o período de retorno pode ser fixado de acordo com o tipo de ocupação conforme o quadro 1 – valores de período de retorno.

Quadro 1 - Valores de período de retorno

Tipo de Obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10

Fonte: Manual CETESB-SP (1980)

2.4.6 Coeficiente de Deflúvio

Gribbin (2014), descreve o que fator de proporcionalidade ou coeficiente de deflúvio (runoff) leva em consideração a infiltração no solo e a evapotranspiração.

Para Pinto et al. (1976) é a relação entre o total de água escoada pelo total de água precipitada na bacia.

Para Tucci et Al (1995), o coeficiente de deflúvio varia de acordo com as características da bacia. No Método Racional o valor do coeficiente de deflúvio da bacia será determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais.

O coeficiente superficial é utilizado conforme quadro 2 – coeficiente de escoamento superficial “C”.

Quadro 2- Coeficiente de escoamento superficial “C”.

Superfícies	Coeficiente C	Tempo de entrada
Telhados	0,70 a 0,95	5
Pavimentos	0,40 a 0,90	5
Via macadamizadas	0,25 a 0,60	5
Vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,30	5
Quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30	5 a 10
Parques, jardins, gramados	0,00 a 0,25	5 a 10

Fonte: Tomaz (2011), p.111

2.4.7 Determinação da Vazão Máxima: Método Racional

Ao longo dos anos vários métodos matemáticos foram desenvolvidos para o cálculo do escoamento superficial. As obras hidráulicas requerem uma estimativa de vazão e também a sua capacidade de transporte.

De acordo com Gribben (2014) o método racional é utilizado para o cálculo da vazão máxima após um evento de chuva em pequenas bacias. Ainda de acordo com o autor este método não leva em consideração o escoamento anterior ou posterior, somente a maior vazão produzida em uma determinada bacia hidrográfica.

De acordo com Tucci et al.(1995) para a determinação da vazão máxima de bacias com área de até 2 km² é utilizado o método racional. Ainda de acordo com o autor para a utilização desta metodologia é necessário determinar o coeficiente de deflúvio, intensidade da chuva e a área da bacia de contribuição.

2.5 Escoamento Uniforme em Canais

Para Gribbin (2014) quando a água escoar à vazão constante podemos denominar um escoamento uniforme. Foram desenvolvidas diversas fórmulas empíricas para o cálculo da profundidade em um canal uniforme. Entre elas estão as equações de Chézy, de Darcy, de Kutter e de Manning. Ainda de acordo com o autor a equação de Manning é a mais utilizada.

Para Tucci et. al (1995) o dimensionamento de galerias é baseado em equações hidráulicas do movimento uniforme, como a de Manning, Chézy e outras. A equação leva em conta a rugosidade do canal, a declividade, área da seção e raio hidráulico, sendo o último a relação entre a área e perímetro molhado.

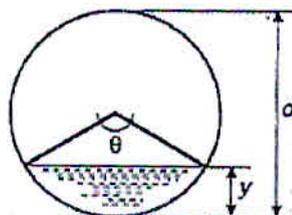
Os valores do coeficiente de Manning podem ser consultados no tabela 1 – Coeficiente de rugosidade de Manning.

Tabela 1 – Coeficiente de Rugosidade de Manning

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte : Cirilo (2001)

Segundo Netto (1998) o dimensionamento hidráulico das galerias circulares podem ocorrer a seção plena, quando a relação y/d for igual a 1, ou ainda podem ser dimensionadas como seções parcialmente cheias, ou seja, a relação y/d menor do que 1. Na figura 07 é apresentada a relação y/d .

Figura 7 - Relação y/d 

Fonte : Netto (1998)

De acordo com Botelho (2011) o cálculo à seção parcialmente cheia pode ser facilitado

utilizando-se o quadro 03.

Quadro 3 - escoamento em seções parciais

Escoamento em seções parciais		
$\frac{h}{d}$	$\frac{Q2}{Q1}$	$\frac{V2}{V1}$
0,10	0,02	0,40
0,20	0,09	0,62
0,30	0,19	0,77
0,40	0,33	0,90
0,50	0,50	1,00
0,60	0,68	1,06
0,70	0,82	1,12
0,80	0,98	1,13
0,90	1,07	1,12
1,00	1,00	1,00

Fonte: Botelho (2011), pág 152

2.6 Lançamento de águas pluviais no corpo receptor

De acordo com Gribbin (2014) é necessário que o projetista tenha uma atenção maior em relação ao lançamento das águas pluviais no corpo receptor. A falta de um sistema que diminua a velocidade de lançamento pode causar erosão ao solo. Ainda de acordo com o autor a utilização de um muro de contenção (ala) protege o solo ao redor da tubulação de descarga, evitando a erosão do local.

Para Botelho (2011) a chegada das águas pluviais em córregos e rios não devem causar perturbações ou erosão no corpo receptor.

Segundo Gribbin (2014) para a redução da velocidade de escoamento e proteção da superfície do solo pode ser utilizado o enrocamento.

2.6.1 Enrocamento

Segundo Gribbin (2014) o enrocamento são revestimentos de pedras, que tem por função proteger o solo e diminuir a velocidade de descarga. Este tipo de revestimento é comum para o controle da erosão, é bastante utilizado em saídas de galerias. No projeto deve ser levado

em consideração o tipo de pedra, o tamanho da pedra, espessura do revestimento da pedra, extensão da soleira e largura da plataforma.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação da pesquisa

Para sanar o problema referente ao alagamento do ponto mais baixo da Avenida Barra Gazzola, foi dimensionado todo o sistema de microdrenagem para a avenida. Devido à falta de uma norma específica para microdrenagem, os parâmetros estabelecidos para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem foram de acordo com as bibliografias relacionadas ao assunto, inclusive citadas neste trabalho. Pode ser verificado o alagamento parcial da via na figura 08.

Figura 8 - Alagamento Parcial da Via



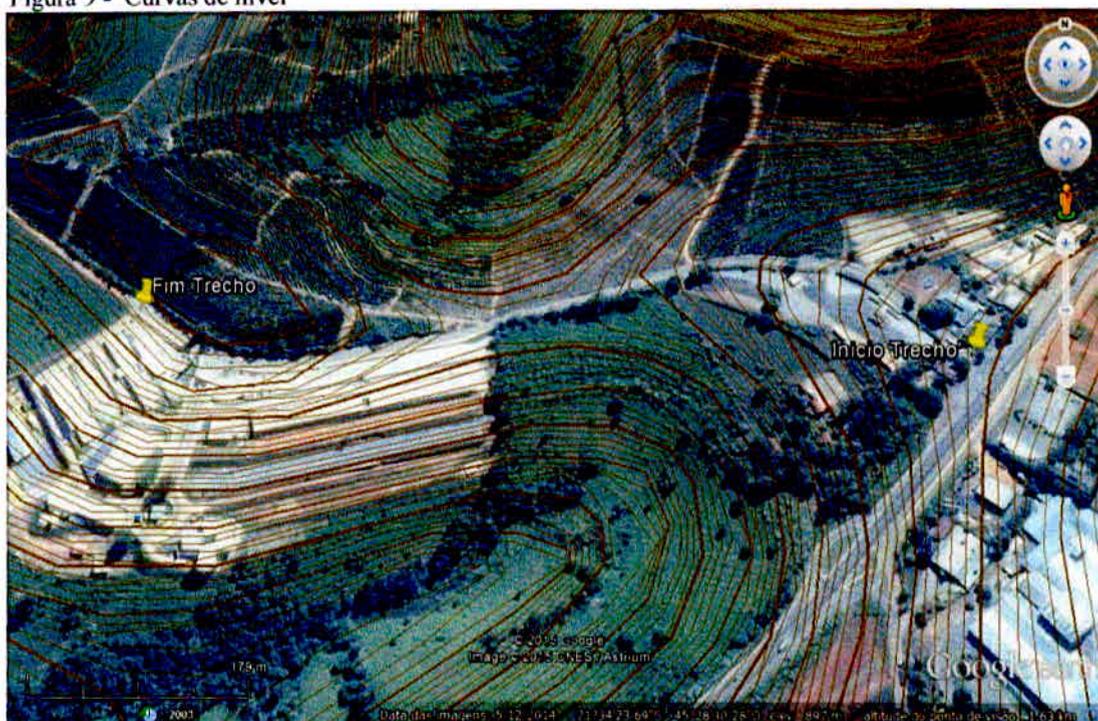
Fonte: O autor (2015)

3.2 Caracterização da área de contribuição e/ou bacia hidrográfica

Foi realizado o levantamento das curvas de nível da avenida Alzira Barra Gazzola através dos softwares Google Earth e Global Mapper.

Primeiramente a área de estudo foi localizada no programa Google Earth, na sequência foi extraído o conteúdo e utilizado no programa Global Mapper. No programa em questão foram geradas as curvas de nível a cada 1 (um) metro do trecho estudado. A imagem gerada pode ser observada na figura 09 – curvas de nível.

Figura 9 - Curvas de nível



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2015)

Após o levantamento da curva de nível foi realizado a delimitação da área de contribuição através do software AutoCAD.

3.3 Determinação do período de retorno

O tempo de retorno recomendado para obras de microdrenagem são de 2 a 10 anos. Devido à falta de uma norma específica o tempo de retorno é utilizado conforme apresentado anteriormente no quadro 1 – valores de período de retorno.

O local é uma área de expansão urbana. Ainda não está definido se será área residencial ou comercial. Deste modo o tempo de retorno foi fixado em 10 anos.

3.4 Determinação do tempo de escoamento superficial

O tempo de escoamento superficial foi determinado através da equação 1, fórmula de George Ribeiro.

$$T_S = \frac{16L}{(1,05 - 0,20_p) * (100 * I_m)^{0,04}} \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

T_s = tempo de escoamento superficial (min)

L = Distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km)

p = Porcentagem de área permeável da bacia (valor absoluto)

Im = declividade média do terreno ao longo do trecho L considerado (m/m)

3.6 Determinação do tempo de concentração

De posse do tempo de escoamento superficial (T_s), o tempo de concentração foi determinado de acordo com a equação 2, fórmula de George Ribeiro, onde T_a corresponde a 10 minutos.

$$T_c = T_a + T_s \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

T_c = Tempo de concentração (min)

T_s = Tempo de escoamento superficial (min)

T_a = tempo que leva uma gota saindo em um ponto extremo da bacia de maior extensão (talvegue) até a primeira boca de lobo do sistema. Este valor será fixado em 10 minutos de acordo com Botelho (2011)

3.5 Determinação da intensidade máxima da precipitação

Para determinação da intensidade de chuva foi utilizado o software Plúvio 2.1, desenvolvido pela equipe de pesquisa de recursos hídricos da UFV (Universidade Federal de Viçosa). Com os dados gerados pelo programa e também com os resultados preliminares obtidos anteriormente, a intensidade da chuva. Foi determinado através da equação 3.

$$I = \frac{K \cdot T_r^a}{(tc+b)^c} \quad (\text{eq.3})$$

Onde:

I = intensidade média da chuva (mm/h)

T_c = Tempo de concentração (min)

Tr = Período de retorno (anos)

K, a, b, c = Parâmetros relativo a localidade

3.6 Determinação do Coeficiente de Deflúvio

O coeficiente de deflúvio foi calculado através da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais conforme equação 4, sendo que para as áreas impermeáveis o valor utilizado corresponde a 0,85 e para as áreas com cobertura vegetal o valor utilizado corresponde a 0,20. O valores de coeficiente de deflúvio foram utilizados conforme quadro 02.

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 \dots + C_i.A_i}{A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_i} \quad (\text{eq.4})$$

Onde:

C = Coeficiente de Deflúvio

C₁, C₂, C₃...C_i = Média dos coeficientes para as áreas parciais

A₁, A₂, A₃...A_i = Áreas em m²

3.7 Determinação da vazão máxima da bacia contribuinte

A vazão máxima foi obtida pelo método racional através da equação 5.

$$Q = 0,278 . C . I . A \quad (\text{eq.5})$$

Onde:

Q = vazão máxima (m³/s.)

C_m = coeficiente médio de deflúvio

i = intensidade de chuva (mm/h)

A = área da bacia de contribuição (m²)

3.8 Dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem

3.8.1 Sarjetas

De acordo com o manual de drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura - DNIT (2006) utiliza-se a fórmula de Manning modificada por Izzard para a determinação da vazão teórica de transporte na sarjeta, conforme equação 6.

A altura da guia corresponde a 15 cm e a largura da sarjeta 30 cm. A altura máxima da lamina d'água admitida na sarjeta foi estimada em 80% da altura da guia. Este parâmetro foi adotado para evitar a possibilidade de alagamento do passeio.

A declividade transversal adotada para a sarjeta foi de 5%. A declividade transversal da avenida corresponde a 2%, sendo que este dado foi levantado no local através da estação total.

Outro parâmetro considerado foi a extensão de 3 cm do pavimento asfáltico sobre a sarjeta. Este parâmetro foi adotado para evitar a formação de fendas entre o pavimento asfáltico e a sarjeta, no qual compromete a capacidade de escoamento da sarjeta.

O coeficiente de rugosidade de Manning utilizado foi 0,016 (canal em concreto com condição regular). Este dado foi consultado na tabela 1.

$$qs = 0,375 \cdot I^{0,50} \cdot \left(\frac{z1}{n} - y0^{\frac{8}{3}} - \frac{z1}{n} \cdot y1^{\frac{8}{3}} + \frac{z2}{n} \cdot y1^{\frac{8}{3}} \right) \quad (\text{eq.6})$$

Onde:

qs = Vazão teórica de transporte da sarjeta (m³/s.)

I = Declividade longitudinal da sarjeta (m/m)

y0 = Altura da lâmina d'água na guia (m)

y1 = Diferença entre a altura da lâmina d'água na guia e altura da lâmina d'água na sarjeta (m)

z1 = Inverso declividade da sarjeta

z2 = Inverso declividade da avenida

Devido a possibilidade de obstrução por sedimentos na sarjeta ou ainda irregularidades no pavimento, a capacidade de escoamento das sarjetas foi minorado de acordo com o quadro 04. Como a declividade transversal da sarjeta é 5%, o fator de redução utilizado foi 0,50.

Quadro 4 - Fator de redução nas sarjetas

Declividade da sarjeta	Fator de redução
0,40%	0,5
1% a 3%	0,8
5%	0,5
6%	0,4
8%	0,27
10%	0,2

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

3.9 Determinação da capacidade de engolimento das bocas de lobo

De acordo com Fugita et. al (1980) , Tucci (1995) e o manual de drenagem do DNIT (2006) , utiliza-se a equação 08 para a determinação da capacidade de engolimento da boca de lobo simples quando a mesma se comporta como vertedouro de seção retangular . Já para a boca de lobo com grelha utiliza-se a equação 09, quando a mesma se comporta como vertedouro de soleira espessa.

$$Q = 1,70.L.Y^{1,5} \quad (\text{eq.08})$$

Onde:

Q = vazão teórica de engolimento (m³/s.)

L = comprimento da soleira (m)

Y = altura da lamina d'água próxima a abertura da guia (m)

$$Q = 1,70.P.Y^{1,5} \quad (\text{eq.09})$$

Onde:

Q = vazão teórica de engolimento (m³/s.)

P = perímetro do orifício

Y = altura da lamina d'água na sarjeta sobre a grelha (m)

Primeiro foram calculadas as dimensões e quantidades de bocas de lobo necessárias

para a captação total da vazão proveniente das sarjetas utilizando apenas bocas de lobo simples. Na sequência foi utilizado o mesmo critério utilizando apenas bocas de lobo com grelha e por último utilizando-as de forma combinada.

Assim como nas sarjetas as bocas de lobo também devem ser multiplicadas por um fator de redução devido a possibilidade de obstrução por sedimentos. O fator de redução é utilizado de acordo com a localização e tipo da boca de lobo, conforme quadro 5.

Quadro 5 - Fator de Redução da Capacidade das Bocas de Lobo.

Localização nas sarjetas	Tipo de boca de lobo	Porcentagem permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	Simple	80%
Ponto baixo	Com grelhas	50
Ponto baixo	Combinada	65
Ponto intermediário	Simple	80
	Grelha longitudinal	60
Ponto intermediário	Grelha transversal, ou longitudinal com barras transversais	50
Ponto intermediário	Combinada	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

3.10 Dimensionamento das Galerias

Foi realizado o traçado da rede. A etapa seguinte foi dimensionamento hidráulico das galerias através da fórmula de Manning, conforme equação 10.

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{0,5} \quad (\text{eq.10})$$

Onde:

Q = vazão (m³/s.)

A = Área da seção (m²)

Rh = Raio Hidráulico (m)

I = Declividade da galeria (m/m)

n=Coeficiente de rugosidade

Foram dimensionadas galerias circulares de concreto com o coeficiente de rugosidade 0,016 e escoamento à seção parcialmente cheia, com a relação y/d igual a 0,80. A correção da vazão e velocidade à seção plena foram realizados conforme parâmetros do quadro 03. Em todos os trechos nos quais foram possíveis, a declividade do canal foi igual a declividade do terreno.

Quadro 03 – Escoamento em seções parciais

Escoamento em seções parciais		
$\frac{h}{d}$	$\frac{Q2}{Q1}$	$\frac{V2}{V1}$
0,10	0,02	0,40
0,20	0,09	0,62
0,30	0,19	0,77
0,40	0,33	0,90
0,50	0,50	1,00
0,60	0,68	1,06
0,70	0,82	1,12
0,80	0,98	1,13
0,90	1,07	1,12
1,00	1,00	1,00

Fonte : Botelho (2011), pág 152

As velocidades admitidas para projeto foram seguidas conforme os parâmetros abaixo:

- Velocidade Mínima: 0,75 m/s
- Velocidade Máxima: 5,0 m/s

Estes valores estão de acordo com as recomendações das bibliografias pesquisadas e citadas neste trabalho.

Para o cálculo da velocidade foi utilizada a fórmula de Manning, conforme equação 11.

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{0,5} \quad (\text{eq.11})$$

Onde:

Q = vazão (m³/s.)

Rh = Raio Hidráulico (m)

I = Declividade da galeria (m/m)

n = Coeficiente de rugosidade

3.11 Poços de Visita

Os poços de visita foram posicionados de maneira que não excedesse a distância recomendada no quadro 06. A profundidade do mesmo foi estabelecido de acordo com as profundidades das galerias.

Quadro 6 - Espaçamento entre poços de visita

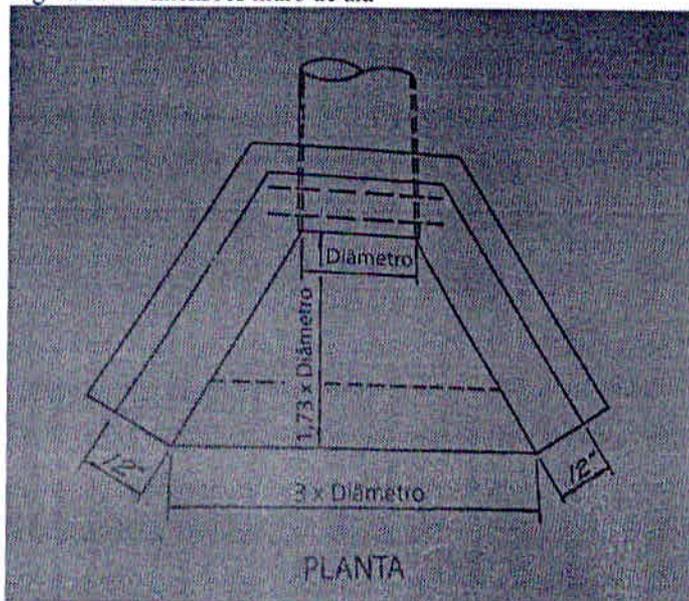
Diâmetro Conduto (m)	Distância entre Pv's (m)
0,3	120
0,50-0,90	150
1 ou mais	180

Fonte : DAEE/CETESB (1980)

3.12 Lançamento das águas pluviais no corpo receptor

Para a proteção da galeria e solo próximo ao corpo receptor será utilizado um muro de ala, conforme as dimensões recomendadas na figura 10. A largura é o resultado de 3 vezes o diâmetro da tubulação a jusante, sendo a mesma 40 cm. Quanto a extensão o resultado é a multiplicação de 1,73 pelo diâmetro da tubulação a jusante.

Figura 10 - Dimensões muro de ala



Fonte : Gribbin (2014)

Para a proteção do corpo receptor será utilizado enrocamento de pedras, também chamado usualmente por rip-rap. Para o dimensionamento do rip-rap tipo avental foi utilizado as fórmulas de FHWA para tubo circular. Calculou-se o tamanho da pedra pela equação 12, de posse deste valor as demais dimensões foram obtidas através do quadro 07.

$$D_{50} = 0,20 \cdot D \cdot \left[\frac{Q}{(3,13 \cdot D^{2,5})} \right]^{\frac{4}{3}} \cdot \left(\frac{D}{TW} \right) \quad (\text{eq.12})$$

Onde:

D_{50} = Diâmetro da pedra (m)

D = Diâmetro da galeria (m)

Q = Vazão de projeto (m^3/s)

TW = altura da lâmina d'água (m)

Quadro 7 - Comprimento e profundidade do rip-rap avental adaptado por FHWA

Classe	Diâmetro esférico equivalente D_{50} (mm)	Comprimento do avental (m)	Profundidade do avental (m)
1	125	4D	3,5D ₅₀
2	150	4D	3,3D ₅₀
3	250	5D	2,4D ₅₀
4	350	6D	2,2D ₅₀
5	500	7D	2,0D ₅₀
6	550	8D	2,0D ₅₀ (mínimo)

Fonte: Tomaz (2011)

O local do enrocamento será no local sinalizado na figura 11, reduzindo a velocidade de escoamento e consequentemente protegendo o corpo receptor

Figura 11 - Corpo Receptor



Fonte : O autor (2015)

3.13 Estimativa de Custo

Foi elaborado uma estimativa de custo da obra com base nas composições de preço da secretaria de infraestrutura urbana e obras de São Paulo – (SIURB).

As etapas e materiais necessários foram levantadas de acordo com parâmetros abordados neste trabalho para a implantação de um sistema de microdrenagem. Entre eles estão a demolição e recomposição do pavimento asfáltico, escavação e reaterro de valas, tubulações, dispositivos de drenagem etc.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Área de Contribuição

O início do trecho estudado está na cota 919 m e o fim do trecho está localizado na cota 909 m. O ponto mais baixo do trecho e está localizado na cota 902 m. O comprimento total do trecho é de 867 m. Conforme pode ser observado na figura 12 o preenchimento na cor verde representa a área permeável da bacia e a parte azul representa a área impermeável.

Figura 12 - Área de Contribuição



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2015)

A Área total da bacia de contribuição corresponde a 35471 m² (0,035 Km²) justificando a utilização do método racional para a determinação da vazão máxima da bacia de contribuição. No quadro 08 é apresentado o detalhamento das áreas.

Quadro 8 - Bacia de Contribuição

Bacia de Contribuição		
Superfície		Área (m ²)
MD	Impermeável	7112
MD	Permeável	13359
ME	Impermeável	4081
ME	Permeável	10919
Total		35471

Fonte: O autor (2015)

4.2 Tempo de escoamento Superficial

O resultado do tempo de escoamento superficial foi obtido através da equação 1 de George Ribeiro onde a distância L corresponde a 0,45 Km, a porcentagem de área permeável (p) corresponde a 69 % e a declividade media do trecho L corresponde a 0,03 m/m.

$$T_s = \frac{16L}{(1,05-0,20p) \cdot (100 \cdot Im)^{0,04}} \quad (1)$$

$$T_s = \frac{16 \cdot 0,45}{(1,05-0,20 \cdot 0,69) \cdot (100 \cdot 0,03)^{0,04}}$$

$$T_s = 7,55 \text{ min}$$

4.3 Determinação do Tempo de Concentração pela formula de George Ribeiro

O tempo de concentração foi obtido através da equação 2.

$$T_c = T_a + T_s \quad (2)$$

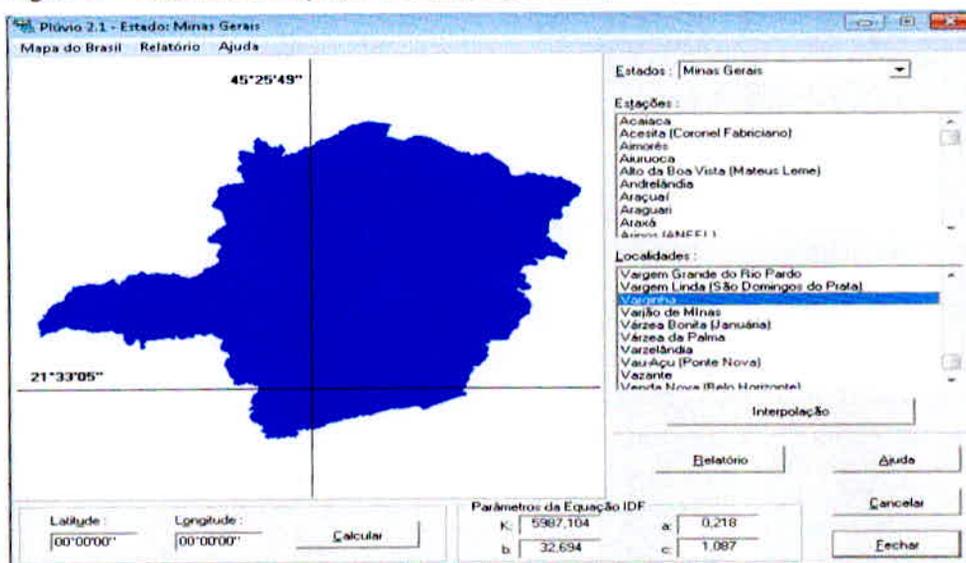
$$T_c = 10 + 7,55$$

$$T_c = 17,55 \text{ min}$$

4.4 Determinação da intensidade máxima de precipitação

A intensidade máxima de precipitação foi obtida através da equação 3. Os parâmetros da equação IDF foram obtidas através do software Plúvio 2.1, conforme figura 13. Os parâmetros k, a, b, e c correspondem respectivamente a 5987,10, 0,218, 32,69 e 1,087.

Figura 13 - Parâmetros da equação IDF (k,a,b,c), obtidos pelo software Plúvio 2



Fonte: Software Plúvio 2.1 (2015)

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(tc+b)^c} \quad (3)$$

$$I = \frac{5989,10 \cdot 10^{0,218}}{(17,55 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I = 140 \text{ mm/h}$$

4.5 Determinação do Coeficiente Médio de Deflúvio

O coeficiente médio de deflúvio foi determinado através da equação 4 e os dados foram utilizados conforme quadro 9.

Quadro 9 - Áreas Parciais

Áreas Parciais da Bacia de Contribuição		
Superfície	Área (m ²)	C
Impermeável	11193	0,85
Permeável	24278	0,20

Fonte: O autor (2015)

$$C_m = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 \dots + C_i.A_i}{A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_i} \quad (4)$$

$$C_m = \frac{0,20 \cdot 24278 + 0,85 \cdot 11193}{24278 + 11193}$$

$$C_m = 0,40$$

4.6 Determinação da Vazão Máxima

Mediante o resultado da intensidade máxima de precipitação e o coeficiente médio de deflúvio foi possível a realização do cálculo da vazão através da equação 5. Os resultados estão apresentados no quadro 10 – vazão máxima da bacia de contribuição

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (5)$$

Quadro 10 - Vazão Máxima da bacia de contribuição

Determinação da Vazão Máxima				
Trecho	Área (m ²)	C _m	I (mm/h)	Q (m ³ /s)
MD	20471,00	0,40	140,00	0,33
ME	15000,00	0,40	140,00	0,22

Fonte: O autor (2015)

4.7 Dimensionamento da Sarjeta/Capacidade de transporte

O sentido de escoamento da sarjeta é do ponto 03 ao ponto 02 e do ponto 1 ao ponto 2. Todo o escoamento está sendo direcionado para o ponto mais baixo do trecho. A posição de cada trecho está estabelecida conforme figura 14.

Figura 14 - Trechos de estudo



Fonte: O autor (2015)

No quadro 11 está apresentado os resultados da capacidade de transporte das sarjetas. Como a sarjeta suportou o transporte em todos os trechos, não foi necessário o posicionamento de bocas de lobo intermediárias para a captação da vazão excedente.

Quadro 11 - Determinação da Capacidade de transporte da sarjeta

Dimensionamento da Sarjeta										
Lado	Trecho	CM (m)	CJ (m)	Extensão (m)	I (m/m)	Qs (m ³ /s)	Fator de Redução	Qr (m ³ /s)	Q Trecho (m/s)	Verificação
MD	3-2	909	902	417,00	0,02	0,44	0,50	0,22	0,22	Atende
ME	3-2	909	902	417,00	0,02	0,44	0,50	0,22	0,03	Atende
MD	1-2	919	902	450,00	0,04	0,65	0,50	0,33	0,10	Atende
ME	1-2	919	902	450,00	0,04	0,65	0,50	0,33	0,20	Atende

Fonte: O Autor (2015)

4.8 Dimensionamento das Bocas de lobo

A capacidade de engolimento das bocas de lobo foram determinadas de acordo com a equação 7. As mesmas foram instaladas no ponto mais baixo do trecho (ponto 02) referente a cota 902 m e de forma combinada com dimensões de 30x90 cm, conforme resultados apresentados no quadro 12.

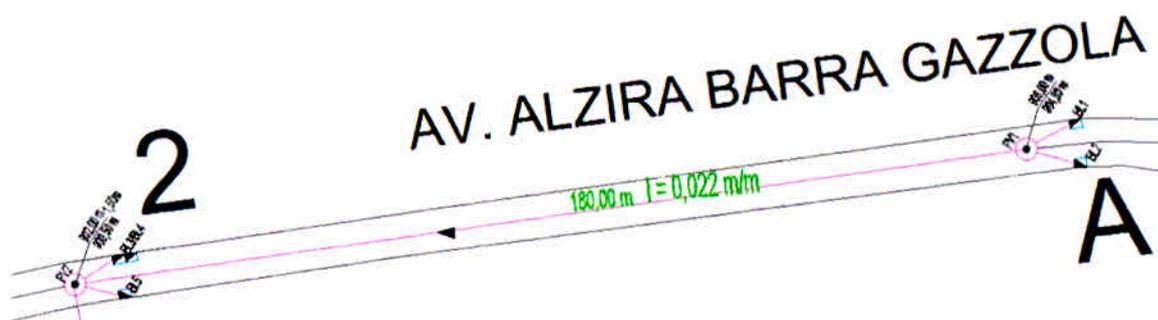
Quadro 12 - Dimensionamento Boca de lobo

Dimensionamento Bocas de Lobo													
Localização na Sarjeta	Trecho	Tipo de Boca de Lobo	Fator de Redução	Dados Guia (m)		Dados da Grelha (m)			Engolimento Teórico (m ³ /s)	Engolimento Real (m ³ /s)	Vazão trecho (m ³ /s)	Nº BL's	Vazão Excedente (m ³ /s)
				y (m)	Abertura da guia (m)	a (m)	b (m)	Perímetro (m)					
Intermediário (MD)	A	Combinada (Guia+Grelha Longitudinal)	0,66	0,12	0,90	0,30	0,90	1,50	0,17	0,11	0,33	1	0,22
Baixo (MD)	2	Dupla Combinada (Guia+Grelha Longitudinal)	0,65	0,12	0,90	0,30	0,90	1,50	0,34	0,22	0,22	1	0,00
Intermediário (ME)	A	Combinada (Guia+Grelha Longitudinal)	0,66	0,12	0,90	0,30	0,90	1,50	0,17	0,11	0,22	1	0,11
Baixo (ME)	2	Combinada (Guia+Grelha Longitudinal)	0,65	0,12	0,90	0,30	0,90	1,50	0,17	0,11	0,11	1	0,00

Fonte : O autor (2015)

Na figura 15 é apresentado o layout de posicionamento das bocas de lobo e ligação aos poços de visita.

Figura 15 - Posicionamento das bocas

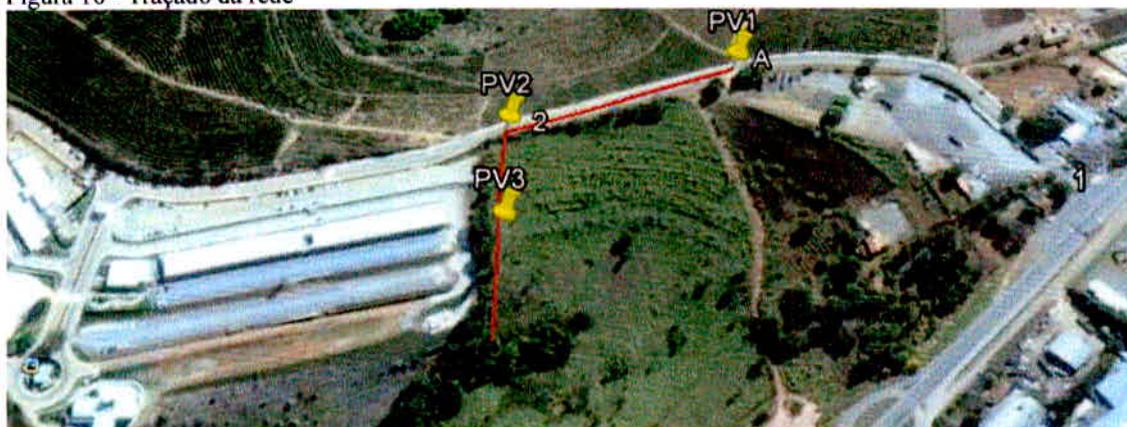


Fonte : O autor (2015)

4.9 Galerias

Na figura 16 é apresentado o traçado da rede.

Figura 16 - Traçado da rede



Fonte : Adaptado pelo autor (2015)

Com base nas cotas e extensão de cada trecho foram calculados os diâmetros necessários, assim como foi feita a verificação da velocidade de escoamento. Os resultados encontrados estão apresentados no quadro 13.

Quadro 13 - Dimensionamento tubos de Ligação/Galerias

Dimensionamento Tubos de Ligação/Galerias													
Trecho	Vazão	Extensão	I	ϕ	Rh	V	Verificação	Cota Terreno		Prof. M	Prof. J	Cota PV/BL	
	(m ³ /s)	(m)	(m/m)	(mm)		(m/s)	Velocidade	Mont.	Jus.	BL/PV	BL/PV	Mont.	Jus.
BL1-PV1	0,11	16	0,06	300	0,15	2,28	Atende	907	906	1,20	1,20	905,80	904,80
BL2-PV1	0,11	16	0,06	300	0,15	2,28	Atende	907	906	1,20	1,20	905,80	904,80
PV1-PV2	0,22	180	0,02	400	0,18	1,65	Atende	906	902	1,20	1,20	904,80	900,80
BL3/BL4-PV2	0,32	6	0,05	400	0,18	2,47	Atende	902	902	1,20	1,50	900,80	900,50
BL5-PV2	0,22	6	0,05	400	0,18	2,47	Atende	902	902	1,20	1,50	900,80	900,50
PV1-PV2	0,54	85	0,12	400	0,18	3,85	Atende	902	896	1,50	1,50	904,80	894,50
PV2-Curso d'água	0,54	85	0,18	400	0,18	4,65	Atende	896	881	1,50	1,50	894,50	879,50

Fonte: O autor (2015)

4.10 Lançamento das águas pluviais

Na saída da galeria será posicionado um muro de ala, com as dimensões conforme figura 17.

Figura 17 - Muro de Ala



Fonte: O autor (2015)

As dimensões do rip-rap estão apresentadas no quadro 14.

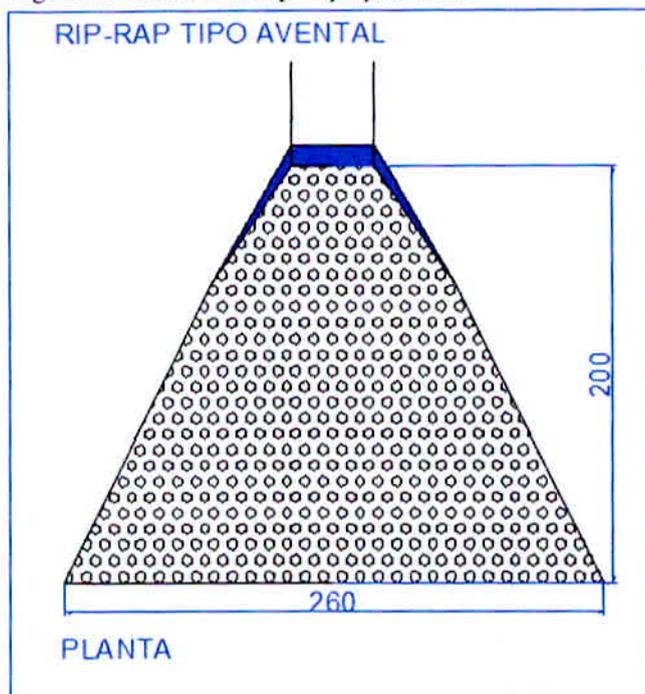
Quadro 14 - Dimensões Rip-Rap

Dimensões Rip-Rap	
Diâmetro da pedra (m)	0,21
Espessura (m)	0,42
Comprimento aventa(m)	2,00
Base Maior	2,53
Profundidade do aventa (m)	0,50

Fonte : O autor (2015)

O layout do rip-rap está apresentado na figura 18.

Figura 18 - Dimensões Rip-Rap tipo avental



Fonte: O autor (2015)

4.11 Estimativa de Custo

A estimativa de custo para a implantação dos parâmetros apresentados neste trabalho é de aproximadamente de R\$ 111.000,00. A estimativa de custo está apresentada no quadro 15.

Quadro 15 - Estimativa de Custo da Obra

ESTIMATIVA DE CUSTOS					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
Movimentação de terra					
04-04-00	ESCAVAÇÃO MECÂNICA PARA FUNDAÇÕES E VALAS COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 4M	m ³	570	7,88	4491,60
05-04-00	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, INCLUSIVE CAPA, INCLUI CARGA NO CAMINHÃO	m ²	216	12,3	2656,80
04-09-00	REATERRO COMPACTADO	m ³	570	8,74	4981,80
05-28-00	REVESTIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO (SEM TRANSPORTE)	m ³	10,80	585,09	6318,97
Subtotal da etapa					18449,17

Canalização de Tubos					
06-04-00	ESCORAMENTO CONTÍNUO DE MADEIRA PARA CANALIZAÇÃO DE TUBOS	m ²	420,00	58,73	24666,60
06-05-00	LASTRO DE BRITA E PÓ DE PEDRA	m ³	42	127,29	5346,18
06-07-00	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBOS DE CONCRETO SIMPLES - DIÂMETRO 30CM	m	32,00	34,53	1104,96
06-08-00	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBOS DE CONCRETO SIMPLES - DIÂMETRO 40CM	m	362,00	48,68	17622,16
Subtotal da etapa					48739,9
Demais Construções					
06-18-01	POÇO DE VISITA TIPO 1 - 1,40 X 1,40 X 1,40M	UN	3	2971	8913,00
05-19-02	CONSTRUÇÃO DE SARJETA OU SARJETÃO DE CONCRETO - FCK= 20,0MPA	m ³	76,5	357,62	27357,93
06-22-04	BOCA DE LOBO DUPLA	UN	1	2208	2208,00
06-65-01	BOCA DE LEÃO SIMPLES COM GRELHA	UN	3	1203,6	3610,71
06-20-21	FORNECIMENTO DE TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO DÚCTIL CLASSE MÍNIMA 400 (40T) D=600MM - NBR 10160 ARTICULADO - P/ GAL. ÁGUAS PLUV.	UN	3	308,54	925,62
Subtotal da etapa					43674,84
Estimativa Total					110863,91

Fonte : O autor (2015)

5 CONCLUSÃO

É de suma importância a implantação de um sistema eficiente de microdrenagem dentro do espaço urbano. O mau dimensionamento e/ou ainda a implantação de um sistema incompleto gera diversos problemas entre eles podemos citar erosão da via, alagamentos, erosão da tubulação ou corpo receptor.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foram observados parâmetros hidrológicos com o intuito de determinar a vazão existente no trecho estudado. Além disto os dispositivos de drenagem foram dimensionados com base na fórmula de Manning. Devido à falta de norma específica, os parâmetros e cálculos adotados foram baseados em bibliografias existentes sobre o tema abordado.

Conhecendo os parâmetros técnicos foi possível identificar in loco as deficiências no sistema de drenagem, entre eles pode-se citar o número insuficiente de bocas de lobo assim como foi identificado que o diâmetro das galerias era inferior ao necessário. Com base nestes dados foi elaborado os parâmetros ideais que devem ser executados para a eliminação dos problemas de alagamento que ocorrem na Avenida Barra Gazzola. Cabe à prefeitura do município de Varginha adotar estes parâmetros para a implantação do projeto, garantindo não só conforto como segurança aos utilitários da via.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11445, de 04 de janeiro de 2007: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/11445.htm> Acessado em 15 de abril de 2015

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuvas: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3ª edição, 2011.

CARDOSO NETO, A. **Introdução a drenagem urbana**. Disponível em http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf Acessado em 30 de março de 2015.

CARVALHO, G. M. **Drenagem Urbana**. SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital, 1995

CIRILO, José Almir (org.). **Hidráulica aplicada**. Porto Alegre, ABRH, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro, 2ª edição, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Manual de hidrologia**. Rio de Janeiro, 2ª edição, 2005.

EBAH. **Figura 06 - galeria**. Disponível em : <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAEiwAA/galerias-drenagem-guas-pluviais-com-tubos>> Acessado em 15 de abril de 2015.

FUGITA, Oscar et al. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1980.

GRIBBIN, JOHN E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4ª edição, 2014.

GARCEZ, LUCAS NOGUEIRA. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. São Paulo, 2ª edição, 1976

NETTO, AZEVEDO. **Manual de Hidráulica**. São Paulo, 8ª edição, 1998.

PINTO, Nelson L., et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo, 1ª edição 1976, 12ª reimpressão 2010.

Plúvio 2.1. <<http://www.gprh.ufv.br/?Área=softwares>> Acessado em 30 de abril de 2015.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos - Período de Retorno**. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/NORMAS%20T%C3%89CNICAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20NOVAS/Hidr%C3%A1ulica%20e%20drenagem%20urbana/DH-H01.pdf>>. Acessado em 10 de maio de 2015

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Figura 02 – Sarjetão** . Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/sao_miguel_paulista/noticias/?p=13826> Acessado em 15 de abril de 2015.

SAMPAIO G.P.; WANDERLEY, M.R.; CASSEB, G.B.; NEGREIROS, M. A. M. P. Descrição epidemiológica dos casos de leptospirose em hospital terciário de Rio Branco. **Revista Brasileira Clínica Médica**. São Paulo, 2011, v.9, n. 5, set-out, p. 338-342. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/1679-1010/2011/v9n5/a2246.pdf>>. Acessado em: 03 de maio de 2015.

SIURB, Secretária Municipal de infraestrutura e obras. **Composições de custos**. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=204451> Acessado em: 25 de outubro de 2015.

Software Global Mapper V16.1. Disponível em: <[HTTP://WWW.BLUEMARBLEGEO.COM/PRODUCTS/GLOBAL-MAPPER.PHP](http://WWW.BLUEMARBLEGEO.COM/PRODUCTS/GLOBAL-MAPPER.PHP)> Acessado em 01 de maio de 2015.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. 2ª edição, 2011.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais** - Livros digitais. Ministrado em 2013. Disponível em <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>> Acessado em 09 de maio de 2015.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais** - Livros digitais. Ministrado em 2011. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo_19_rip_rap.pdf> Acessado em 15 de outubro de 2015.

TUCCI, C. E. M. et al. **Drenagem Urbana**. Coleção ABHR de Recursos Hídricos. 1ª edição, 1995