

N. CLASS.	627.54
CUTTER	L.533a
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS

ENGENHARIA CIVIL

MARCO TÚLIO DE LIMA LEITE

**ANALISE DA INTERFERENCIA DA TROCA DE PAVIMENTO NO SISTEMA DE
DRENAGEM DA RUA SETE DE SETEMBRO NO MUNICIPIO DE MACHADO-MG**

**Varginha
2015**

MARCO TÚLIO DE LIMA LEITE

**ANALISE DA INTERFERENCIA DA TROCA DE PAVIMENTO NO SISTEMA DE
DRENAGEM DA RUA SETE DE SETEMBRO NO MUNICIPIO DE MACHADO-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil, sob orientação do Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

**Varginha
2015**

MARCO TÚLIO DE LIMA LEITE

ANALISE DA INTERFERENCIA DA TROCA DE PAVIMENTO NO SISTEMA DE DRENAGEM DA RUA SETE DE SETEMBRO NO MUNICIPIO DE MACHADO-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil, sob orientação do Professor Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

Aprovado em 01 / 15 / 2015

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior (orientador)

Prof. Ma. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Me. Osvaldo Henrique Barolli Reis

OBS.:

RESUMO

Este presente trabalho aborda a relação que o pavimento de uma via tem com o sistema de drenagem da mesma. Ele nos mostra através de tabelas e cálculos matemáticos o acréscimo de volume de água pluvial que é gerado sobre a via quando um pavimento permeável é substituído por outro impermeável. Esta análise foi feita através de uma aplicação prática, em uma rua central no Município de Machado – MG que é calçada de paralelepípedo (pavimento permeável), onde se pretende substituir por asfalto (pavimento impermeável), para isto foi proposto o redimensionamento de alguns elementos de drenagem que não seriam capazes de suportar a nova vazão de água gerada na via, evitando assim futuros danos à população, por exemplo, as enchentes urbanas.

Palavras-chave: Drenagem. Machado – MG. Enchentes Urbanas.

ABSTRACT

This present study addresses the relationship that the floor has a way with the drainage system of the same . It shows in tables and mathematical calculations the rainwater volume increase that is generated on the way when a permeable pavement is replaced by another waterproof. Is analysis was done through a practical application in a central street in the Municipality of Machado - MG that is cobbled paving (permeable paving) , which aims to replace asphalt (waterproof floor) , for it was proposed to resize some elements drain that would not be able to support the new flow of water generated in the track, thus preventing further damage to the population , for example , urban flooding.

Keywords : Drainage . Machado - MG . Urban flooding

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os efeitos da urbanização nos processos hidrológicos.	12
Figura 2 – Sarjeta.....	14
Figura 3 – Sarjetões.	15
Figura 4 - Boca de Lobo	15
Figura 5 – Caixas com Grelha	16
Figura 6 - Boca de Lobo Combinada.....	17
Figura 7 - Tubo de Ligação	18
Figura 8 - Elementos Geográficos dos Canais.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 - Localização de Machado – MG.....	26
Figura 10 - Esquema da Área da Bacia de Contribuição.....	28
Figura 11 - Software Pluvio (Dados do município de Machado – MG).	29
Figura 12 - Area das Bacias de Contribuição.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Causas e Efeitos da Urbanização sobre as Inundações Urbanas.	12
Tabela 2 - Fator de Redução da Capacidade das Bocas de Lobo.	17
Tabela 3 - Tempo de retorno em função da ocupação da área	20
Tabela 4 - Coeficiente de Escoamento Superficial.....	21
Tabela 5 - Coeficiente de Rugosidade de Manning.....	21

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
1.1 Objetivo geral.....	09
1.2 Objetivos específicos.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Enchentes Urbanas.....	11
2.2 Microdrenagem.....	13
2.2.1 Elementos de Microdrenagem.....	13
2.2.1.1 Sarjetas e Sarjetões.....	14
2.2.1.2 Bocas de Lobo.....	15
2.2.1.3 Caixas com Grelha.....	16
2.2.1.4 Fator de Redução da Capacidade de Engolimento.....	17
2.2.1.5 Tubos de Ligação.....	18
2.2.1.6 Galerias.....	18
2.3 Intensidade de precipitação.....	19
2.4 Coeficiente de escoamento superficial.....	20
2.4.1 Características dos pavimentos.....	22
2.4.1.1 Pavimentos Permeáveis.....	22
2.4.1.2 Pavimentos Impermeáveis.....	23
2.5 Estimativa de vazão de projeto.....	23
2.5.1 Método racional.....	23
2.5.2 Método NRCS.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Local de estudo.....	26
3.2 Intensidade da Precipitação.....	28
3.3 Período de Retorno.....	29
3.4 Tempo de Concentração.....	30
3.5 Coeficiente de escoamento superficial.....	30
3.6 Método Racional.....	31
3.7 Métodos para cálculo de capacidade de engolimento das bocas de lobo.....	31
3.7.1 Bocas de lobo sem depressão.....	31
3.7.2 Bocas de lobo com depressão.....	32
3.7.3 Caixa com grelha.....	33
3.7.4 Redução de Escoamento em Bocas de Lobo.....	33
3.8 Capacidade de Transporte das Galerias.....	34
4 RESULTADOS	366
4.1 Intensidade da precipitação.....	37
4.2 Coeficiente de deflúvio.....	388
4.3 Aplicação do método racional(...)	

4.4 Aplicação da formula de Maninng(...)	39
4.5 Indicativos de Solução	40
4.6 Estimativa de Quantitativo de Material e Mão de Obra	40
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43
APENDICE A – Fotos	46
APENDICE B - Fator de Correção de Manning	48

1 INTRODUÇÃO

A ocupação urbana, com seu crescimento desordenado e suas grandes áreas impermeabilizadas, seja por residências, calçadas, vias de tráfego e outros, vem causando grandes impactos nos recursos hídricos, principalmente quando o assunto é drenagem da água de chuva.

Com a urbanização, muda-se totalmente a situação natural e equilibrada existente anteriormente, onde, as águas de chuva continuarão a cair normalmente e escoar por essa área que será diretamente prejudicado pela impermeabilização, pois assim, as vazões pluviais serão consideravelmente maiores, sendo que, a maior parte desta água correrá pela superfície, sem poder se infiltrar.

Entre 2003 e 2008, mais da metade dos municípios brasileiros sofreu alagamentos ou inundações por conta da ação das chuvas de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, divulgada pelo IBGE 2008 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

De acordo com Botelho (2011), a drenagem urbana tem por objetivo drenar a água das precipitações até o ponto mais baixo da bacia, onde ela será captada e desaguada, isso de maneira rápida e eficaz, o que é feito geralmente por escoamento superficial pelas sarjetas e/ou galerias.

Os pavimentos permeáveis podem ajudar a diminuir o volume de água drenada, o que alivia o sistema de drenagem, contribuindo também para o abastecimento das bacias subterrâneas por meio da infiltração que acontece em suas juntas.

Neste estudo será avaliado se a alteração nas características de escoamento da via afetará diretamente o sistema de drenagem verificando sua capacidade de drenagem nas duas situações.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto é analisar se o sistema de drenagem existente na Rua Sete de Setembro será capaz de captar a água proveniente da chuva com eficiência, caso o pavimento atual de paralelepípedo venha ser substituído por asfalto e ainda propor uma solução para o problema.

1.2 Objetivos específicos

Para analisar a influência da troca do pavimento da Rua Sete de Setembro no sistema de drenagem existente, se fará necessário conhecer:

- As características topográficas do terreno;
- A área da bacia que contribui para cada boca de lobo;
- Intensidade de chuva no município;
- A vazão gerada em cada bacia para o pavimento paralelepípedo e asfalto de acordo com o coeficiente de escoamento superficial característico de cada um;
- A capacidade do sistema de drenagem atual;
- O quantitativo de material para as alterações necessárias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

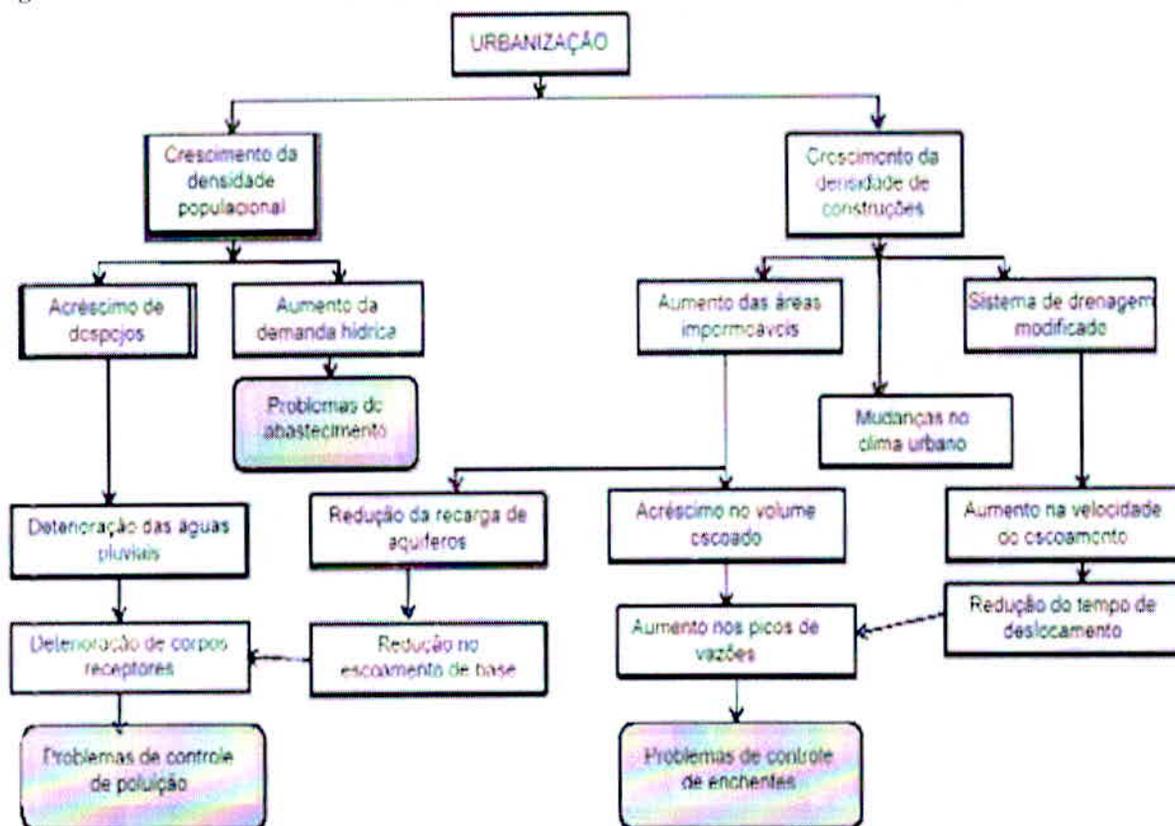
2.1 Enchentes Urbanas

Enchentes urbanas são responsáveis pelos principais impactos na sociedade, onde podem ser causada pela urbanização, ou enchente natural de áreas ribeirinhas. Tucci (2003) define Inundações pela urbanização aquelas causadas pelo processo de urbanização, onde uma grande causa disso é a impermeabilização do solo, pois, a água que antes escoava mais lentamente pela superfície do solo natural, passa a escoar pelos canais de maneira mais rápida e volumosa. Já as enchentes de áreas ribeirinhas aquelas as causadas pelas cheias naturais que ocorrem em eventos de cheia, este evento atinge a população que ocupa o leito dos rios

Machado e Silva (2011) considera o aumento da degradação do meio ambiente como resultado direto do crescimento da urbanização aliado a falta de planejamento, cita que o poder publico não conseguiu controlar, nem tão pouco oferecer infra-estrutura básica urbana, levando a uma queda na qualidade de vida da população. O autor cita que consequência desse crescimento desordenado é o aumento de temperatura, alteração do ciclo hidrológico, contaminação dos recursos hídricos, aumento das enchentes aliados a impermeabilização do sol, dentre outras. Salienta que a impermeabilização do solo modifica totalmente o comportamento da água no ambiente urbano.

A Figura 01 mostra como o processo de urbanização contribui para a degradação dos recursos hídricos de uma região. Este esquema permite analisar de uma maneira ampla este processo.

Figura 1 - Os efeitos da urbanização nos processos hidrológicos.



Fonte: (TUCCI e MARQUES, 2005 apud LOPES e GOMES, 2011).

A falta de planejamento no processo de urbanização só tem a contribuir para o agravamento de incidência desses fatos, gerando catástrofes indesejadas, como as enchentes que trazem consigo prejuízos materiais, financeiro e ambientais para toda população afetada. A Tabela 1 mostra as principais causas das enchentes urbanas, que afetam diretamente o bom funcionamento da drenagem e a qualidade das águas local.

Tabela 1 - Causas e Efeitos da Urbanização sobre as Inundações Urbanas.

CAUSAS	EFEITOS
Impermeabilização	Maiores picos de vazões
Redes de drenagem	Maiores picos a jusante
Lixo	Degradação da qualidade da água Entupimento de bueiros e galerias
Redes de esgoto deficientes	Degradação da qualidade da água Moléstias de veiculação hídrica
Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	Maiores picos de vazão e volume das cheias Mais erosão Assoreamento de canais e galerias
Ocupação das várzeas	Maiores prejuízos Maiores picos de vazão Maiores custos de utilidades públicas

Fonte: (BARTH, 1997).

Tanto na Figura 1 do processo de urbanização, como na Tabela 1 de causas e efeitos das inundações permite analisar que a impermeabilização do solo é um grande vilão para o efeito das enchentes, vê que se faz necessário um bom planejamento desde a concepção do projeto de drenagem, levando em conta todos os fatores que influenciam no dimensionamento do sistema, possibilitando assim um bom funcionamento deste, evitando complicações para a sociedade. A falta de planejamento e fiscalização dos órgãos responsáveis dificultam um crescimento ordenado da população e o controle ambiental desta região.

Viu-se a partir dessas ideias que, o pavimento da Rua Sete de Setembro não poderia ser substituído por asfalto sem um devido planejamento, levando em conta que as características do pavimento que deseja implantar se diferem bastante quanto ao existente, em relação a capacidade de drenagem da água pluvial. A falta deste planejamento pode causar transtornos no sistema de drenagem e à população da região.

2.2 Microdrenagem

Microdrenagem é a drenagem de um bairro, uma rua, um trecho que é dividido em drenagem superficial, que é o escoamento superficial através do perfil do solo e das sarjetas, e a drenagem profunda, feita por tubos enterrados que captam a água através grelhas e bocas de lobo (BOTELHO, 2011).

Para Fernandes (2002) a microdrenagem inclui 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 ocorra.

Tomaz (2013) ressalta que uma das grandes dificuldades de se escrever sobre microdrenagem no Brasil é que até o momento não temos normas da ABNT. As cidades, Estados, órgãos públicos, empreendedores adotam critérios muito diferentes um dos outros, sendo difícil e até impossível de se fazer uma padronização.

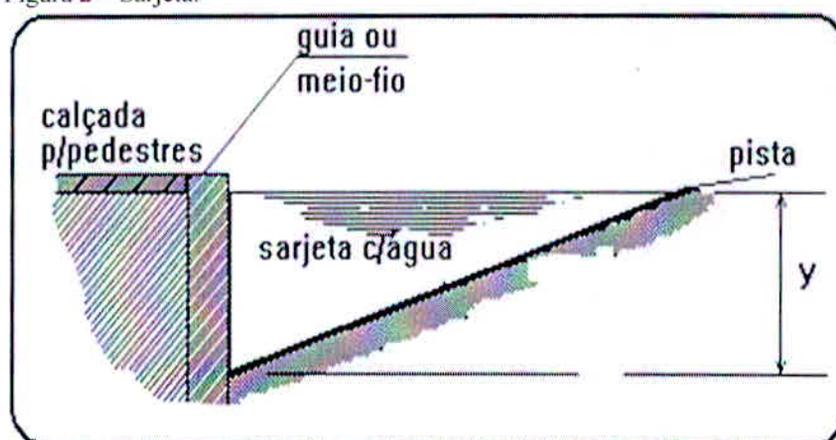
2.2.1 Elementos de Micro Drenagem

Os elementos de microdrenagem são responsáveis por captar e dar destino a água de chuva.

2.2.1.1 Sarjetas e Sarjetões

As sarjetas (Figura 2) de acordo com Botelho (2011) podem ser de concreto pré-moldado, moldada in loco ou feitas de paralelepípedos rejuntados, sendo elas o primeiro condutor das águas pluviais que tem a função de conduzir água até sua capacidade máxima de vazão, onde a partir daí a drenagem é feita pelas bocas de lobo ou calhas. O autor observa que se deve tomar o devido cuidado na junção entre a sarjeta e o pavimento, pois, com a o tempo a infiltração da água nessas arestas provocará desagregação do pavimento.

Figura 2 – Sarjeta.

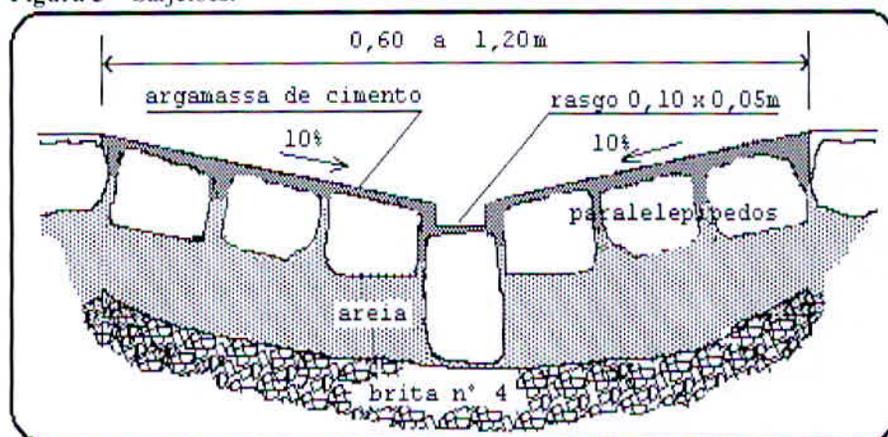


Fonte: (DAEE – CETESB, 1980 apud DRENAGEM, 2008).

Os sarjetões (Figura 3) é uma solução econômica para ligar dois pontos baixos com soluções superficiais, através de rasgos entre um ponto e outro. Sarjetões não são indicados para ruas com grande fluxo de veículos (BOTELHO, 2011). O mesmo autor salienta que esse dispositivo tem uma capacidade hidráulica limite de transportar a água que depende diretamente da largura da rua, declividade longitudinal da rua e a altura (h) que será considerada limite, obtida pela equação de Manning.

Na via em estudo, este dispositivo é produzido em paralelepípedo, onde observou que a guia junto a ele está danificado em muitos pontos, prejudicando assim o transporte da água ao longo da via.

Figura 3 – Sarjetões.



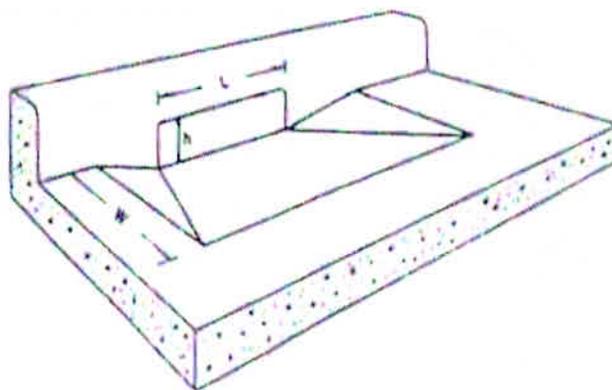
Fonte: (DAEE – CETESB, 1980 apud DRENAGEM, 2008).

2.2.1.2 Bocas de Lobo

Quando o escoamento das águas pluviais é superior ao que as sarjetas são capazes de transportar, tem-se a necessidade de captar esse volume excedente, a captação deste volume é feita pelos dispositivos de captação, que também fazem parte do sistema de micro drenagem, são estes as bocas de lobo, bueiros, ralos, grelhas, entre outros (BOTELHO, 2011). O mesmo cita que para um bom funcionamento desses dispositivos, estes devem estar corretamente localizados, estar adequados hidraulicamente, sempre limpos e estruturalmente inteiros.

As bocas de lobo (Figura 4), de acordo com Botelho (2011), são as mais comuns em obras urbanas onde a água é captada horizontalmente, exigindo para isso um rebaixamento da sarjeta. Este sistema consiste basicamente de: a) rebaixamento da sarjeta para facilitar a captação; b) guia de chapéu; c) caixa de captação; d) tampa de cobertura; e) tubo de ligação (ligação da caixa a galeria pluvial).

Figura 4 - Boca de Lobo



Fonte: (TOMAZ, 2013).

Não se recomenda a instalação desses dispositivos em pontos baixos, onde há intensa passagem de veículos e também no limite de cruzamento das ruas, para facilitar a passagem de pedestres (BOTELHO, 2011).

Para ruas com declividade até 5% recomenda-se a utilização de bocas de lobo simples, isto é, sem depressão, dependendo da vazão a ser captada (DRENAGEM, 2008).

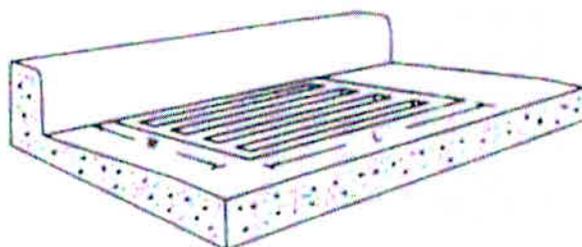
O cálculo de capacidade das bocas de lobo segundo Botelho (2011), se dá basicamente em função de: sua largura; o rebaixo na sarjeta (quando existir); a altura de água que estiver correndo; declividade longitudinal da rua; e principalmente, do grau de limpeza da boca de lobo.

2.2.1.3 Caixas com Grelha

A caixas com grelhas (Figura 5) é outro dispositivo com a mesma função das bocas de lobo, onde a captação da água é feita verticalmente, segundo Botelho (2011), são bastante aplicáveis em locais planos onde não há declividade transversal, e também onde a um fluxo maior de veículos e pedestres, características estas que não se encaixam na aplicação das bocas de lobo. Esse elemento tem a desvantagem de reter sujeiras desnecessárias e quando tem suas grelhas em ferro fundido são atraentes ao roubo.

Este elemento é composto de: a) grelha de ferro fundido ou de concreto; b) caixa de recepção; c) cubo de ligação (ligação da caixa a galeria pluvial)

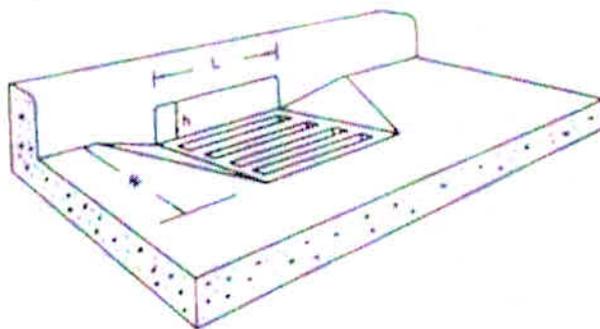
Figura 5 – Caixas com Grelha



Fonte: (TOMAZ, 2013).

Quando combinam bocas de lobo e caixas com grelha e, as duas passam a captar a vazão simultaneamente chama-se de combinadas (Figura 6).

Figura 6 - Boca de Lobo Combinada



Fonte: (TOMAZ, 2013).

Para Tomaz (2013), um método recomendado para o cálculo de capacidade de engolimento de boca de lobo é a de FHWA, 1996 onde relaciona a vazão de engolimento com o comprimento da soleira e a altura da lâmina d'água, através de formulas específicas para cada modelo de elemento.

2.2.1.4 Fator de redução da capacidade de engolimento

Conforme PMSP/ FCTH (1999 apud TOMAZ, 2013) devido a vários fatores como a obstrução por causa dos detritos, irregularidades no pavimento das ruas junto às sarjetas e ao alinhamento devido falha na execução para isto usa-se considerar estas reduções, como na Tabela 2.

Tabela 2 - 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

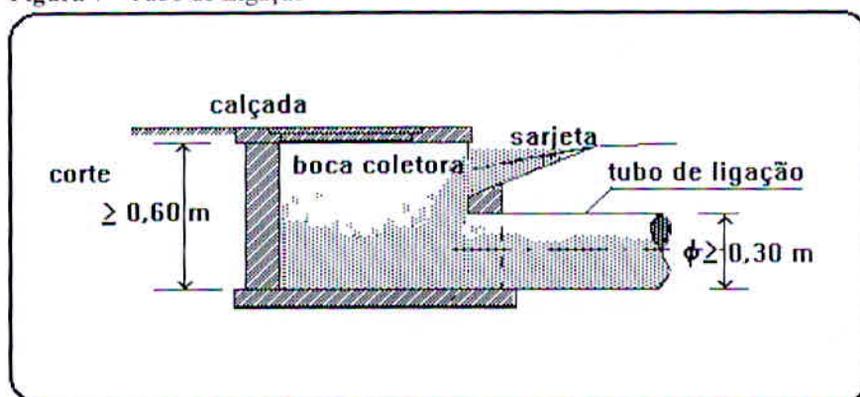
Fonte: (TOMAZ, 2013, p. 24).

Tomaz (2013) cita que, a grande maioria das publicações em livros americanos, não levam em conta a redução da vazão em bocas de lobo. Somente em caso de grades é que são previstos os fatores de segurança.

2.2.1.5 Tubos de Ligação

Os tubos de ligação (Figura 7) tem a função de esgotar a água das caixas de captação e direciona-las até a rede principal, são tubo conectores, geralmente de concreto simples ou armado e seus diâmetros mais comuns são (mm) 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1200, 1500, podendo chegar até 2000mm (BOTELHO, 2011).

Figura 7 - Tubo de Ligação



Fonte: (DAEE – CETESB, 1980 apud DRENAGEM, 2008).

2.2.1.6 Galerias de águas pluviais

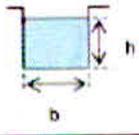
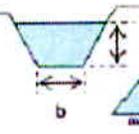
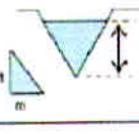
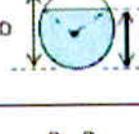
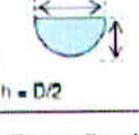
Netto (2012), descreve canais ou condutos livres aqueles que estão sujeitos a pressão atmosférica pelo menos em um ponto da sua seção podendo ter sua seção aberta ou fechada e como exemplo pode ser citado os cursos d'água naturais

As galerias de águas pluviais tem a função de dar destino a todo volume de água gerado pela via que é captado pelos elementos de drenagem superficial. Este transporte pode ser feito através de tubos ou canais abertos ou fechados (Netto 2012).

De acordo com Azevedo Netto (2012) o dimensionamento hidráulico das galerias de águas pluviais pode se dar pelo coeficiente de Manning

A Figura 3 - Elementos geográficos dos canais é utilizada para obter área e raio hidráulico, admitindo-se uma determinada seção.

Figura 8 - Elementos geográficos dos canais.

Forma da seção	Área (A) (m ²)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b \cdot h$	$b + 2 \cdot h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	b
	$(b + m \cdot h) \cdot h$	$b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2 \cdot m \cdot h$
	$m \cdot h^2$	$2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2 \cdot m \cdot h$
	$\frac{1}{8} (\theta - \text{sen } \theta) \cdot D^2$ $\theta = R \cdot A \cdot D$	$\frac{\theta \cdot D}{2}$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) \cdot D$	$\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right) \cdot D$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2 \cdot h$

Fonte: Pereira e Mello (2014) apud Teixeira (2014).

2.3 Intensidade de precipitação

Para COSTA et al. (2001), a utilização adequada dos dados de chuva na elaboração de projetos de obras hídricas, faz-se necessário conhecer a intensidade das chuvas. Para isto vários modelos matemáticos foram propostos para expressar essa relação

De acordo com Botelho (2011) intensidade de precipitação é a medida da quantidade de chuva que cai, numa área num certo tempo, é uma medida volumétrica que é obtida por formulas adaptadas para cada região, que relacionam a intensidade de projeto (i) com o tempo de retorno (T) e o tempo de duração da precipitação (Tc).

Botelho (2011) recomenda que se firme um tempo de retorno (Tr) de dois a dez anos, para obras de drenagem urbana, ressalta que, o (Tr) deve ser estabelecido de acordo com o risco da obra onde, baixos tempos de retorno levam a chuva de menor intensidade (obras com menor porte e custo) e altos tempos de retorno levam a chuvas mais intensas.

Porto et al. (1993) salienta que as dificuldades em estabelecer o período de retorno adequado, para cada situação, fazem com que muitas vezes, esses valores sejam adotados por cada projetista de maneira pessoal, de acordo com os recomendados na literatura.

A Tabela 3 mostra o tempo de retorno proposto por DAEE-CETESB (1980 apud DRENAGEM, 2008) em função do tipo de ocupação da área.

Tabela 3 - Tempo de retorno em função da ocupação da área

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 - 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: (DAEE – CETESB, 1980).

O tempo de concentração (T_c) é o tempo necessário de precipitação para que toda seção considerada da bacia contribua. É usual para obras urbanas fixar um tempo de concentração de 10 minutos (BOTELHO, 2011).

2.4 Coeficiente de escoamento superficial

O escoamento superficial é o fator mais importante do ciclo hidrológico em termos de drenagem. Trata-se da ocorrência e transporte de água na superfície terrestre e esta associado à maioria dos estudos hidrológicos e proteção aos fenômenos catastróficos provocados pelo seu deslocamento (YOSHIZANE, 2003).

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Deflúvio é um valor adimensional que representa a relação entre os volumes de precipitação escoados superficialmente e o total precipitado. No método racional esta grandeza requer maior cuidado na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influenciam no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, retenção, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado, de acordo. O Coeficiente de escoamento superficial de uma bacia pode ser estimado pela ponderação do coeficiente de diferentes superfícies (TUCCI, 1995).

Para Villela e Mattos (1975) o coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial, pode ser definido como a razão entre o volume de água escoado na superfície e o

volume de água precipitado, ainda diz que este coeficiente pode ter relação a um intervalo de tempo com várias chuvas ou à apenas uma chuva isolada.

Para (TUCCI, 1995) assumir um valor de C constante em toda bacia no decorrer da duração da precipitação é um erro não desprezível. Em vista disso é adotado um coeficiente C médio, obtido através de um coeficiente específico de C (Tabela 4) para cada cobertura do solo da sub-bacia de contribuição.

Tabela 4 - Coeficiente de Escoamento Superficial

Utilização ou cobertura do solo		A	B	C	D
Zonas cultivadas:					
Sem conservação do solo		72	81	88	81
Com conservação do solo		62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Baldios boas condições		39	61	74	80
Prado em boas condições		30	58	71	78
Bosques ou zonas cobertura ruim		45	66	77	83
Florestais: boa cobertura		25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golf, cemitérios, boas condições:					
Com relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
Com relva de 50 a 75% da área		49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Zonas residenciais					
Lotes de (m ²)	% média impermeável				
<500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc		98	98	98	98
Arruamentos e estradas:					
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralepipedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: (CARVALHO, 2010, p. 15).

Onde:

Solo A: solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração; solos arenosos profundos com pouco silte e argila;

Solo B: solos menos permeáveis do que o anterior; solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade menor à média;

Solo C: solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo;

Solo O: solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

2.4.1 Características dos pavimentos

De acordo com a apostila de Carvalho e Silva (2006), muitos fatores influenciam no escoamento da água, podendo ser eles de natureza climática, ou de natureza fisiográfica, que são as características físicas da bacia.

O solo é um fator fisiográfico de grande influência, onde, sua capacidade de infiltração e permeabilidade altera diretamente as características do escoamento, através do seu coeficiente de escoamento superficial podendo reduzir ou aumentar a velocidade e o volume de água drenada dependendo de suas características. Ou seja, quanto mais permeável for o solo maior será sua infiltração, podendo assim transportar um volume maior de água.

As características de escoamento do pavimento atual diferem bastante quanto ao pavimento que se deseja substituir. Atualmente a rua é calçada com paralelepípedo, que é um pavimento permeável, o que de acordo com a literatura tem uma capacidade maior de escoamento, já o asfalto, que se tem intenção de implantar, é um pavimento impermeável, além de ter uma capacidade de vazão menor comparado ao paralelepípedo, também acarretará em uma diminuição da capacidade de transporte do escoamento superficial da via, onde, a espessura do recapeamento¹ de asfalto irá diminuir a altura da lâmina d'água junto a guia, ou seja, diminuir seu volume.

2.4.1.1 Pavimentos Permeáveis

Pavimentos permeáveis são aqueles que possuem espaços livres na sua estrutura por onde a água pode atravessar. Este tipo de pavimento é bastante indicado para áreas urbanas e locais públicos onde não há tráfego de veículos pesados.

De acordo com ABCP (2011) estes pavimentos podem ser a solução para diminuir o grau de impermeabilização dos centros urbanos, eles possuem um coeficiente de escoamento menor, devido a infiltração e a rugosidade, gerando conseqüentemente diminuição do volume escoado superficialmente que será captado pela rede de micro drenagem. Além de colaborar para o sistema de drenagem, ainda tem as vantagens ambientais, onde, no processo de infiltração se tem a recarga das reservas subterrâneas.

Para isso, estuda-se o uso de algumas tecnologias que aumentam a capacidade de infiltração e retardam o escoamento.

2.4.1.2 Pavimentos Impermeáveis

Os pavimentos impermeáveis, não permite a infiltração da água em quantidade relevantes, aumentando assim o volume e a velocidade de água escoada superficialmente, aumentando o problema das cheias nos centros urbanizados, além do aumento do volume de dejetos e substâncias levados aos mananciais, provocando queda na qualidade das águas locais (ABCP, 2011).

2.5 Estimativa de vazão de projeto

Devido a infinita variedade de topografia, tipos de solo, de obras feitas pelo homem, aliados às grandes variações que ocorrem a intensidade das chuvas, se fez necessário criar métodos para quantificar o escoamento gerado pelas precipitações.

Vendo essa necessidade, vários métodos matemáticos foram desenvolvidos para calcular o escoamento, permitindo executar projetos de uma estrutura hidráulica, como sarjetas, bueiro, bocas de lobo, entre outros, para isso necessita saber a estimativa de vazão que o elemento é capaz de transportar.

2.5.1 Método racional

De acordo com Gribbin (2010), o Método racional é o primeiro e mais duradouro método, surgido na Inglaterra em 1889 é ainda muito utilizado atualmente por profissionais que trabalham com gerenciamento de águas pluviais. Diz ainda que o Método Racional como muitos outros fora desenvolvido de maneira empírica ao longo dos anos.

Este método permite conhecer a vazão através da relação entre a área da bacia de drenagem, a intensidade de precipitação, e o coeficiente de escoamento superficial (ou coeficiente de deflúvio). GRIBBIN (2010) diz que este método funciona muito bem para o cálculo de pequenas bacias, ressalta que não deve ser usado para áreas de drenagem maiores que 100-200 acres.

Além de uma limitação indicada para a área da bacia de drenagem, o autor indica outras grandes limitações para sua aplicação, começando com as características da superfície, que devem ser homogêneas, embora isso seja quase impossível na prática, um valor de C deve prevalecer na bacia, outra característica das bacias de drenagem que deve ser evitado é o alagamento significativo dentro da bacia, isso irá afetar a vazão máxima.

GRIBBIN (2010) explica que na fórmula original não existia o coeficiente de deflúvio, que foi adicionado mais tarde a fórmula original com a tentativa de considerar a infiltração e a evapotranspiração no solo que é obtida pela seguinte fórmula:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (\text{eq. 1})$$

1) Considere uma bacia de drenagem de área A , recebendo a precipitação a uma intensidade i por uma duração igual a t_c . Considere que nenhuma precipitação caia antes ou depois da intensidade i e duração t_c .

2) O escoamento inicial se origina da precipitação que caiu perto do exutório. Conforme o tempo passa, a vazão aumenta à medida que as gotas de chuva que caíram nos pontos mais distantes chegam ao destino final.

3) Após um tempo t_c a gota mais distante chega ao exutório, nesse momento a chuva para. Isso marca a vazão máxima.

4) O volume total de escoamento é dado pela área da bacia vezes a intensidade.

5) Considera-se a infiltração e a evapotranspiração por uma constante de proporcionalidade c , onde seu valor é determinado empiricamente e corresponde a várias condições de superfície na bacia.

6) O fato de a precipitação cair na bacia antes de depois da duração t_c , não altera o valor derivado de Q_p .

7) A precipitação real cobre um período de várias horas, escolhemos nos concentrar na parte mais intensa da chuva com duração de t_c . Qualquer outra duração resultaria em um valor menor de Q_p . Se escolhêssemos uma duração menor que t_c , a intensidade seria maior, mais não

incluiríamos a contribuição de toda bacia de drenagem. Se escolhêssemos uma duração maior que t_c , a intensidade seria menor, reduzindo matematicamente o volume precipitado.

Castro Filho (2000) recomenda que o método racional seja usado em pequenas bacias, e seguindo as seguintes restrições: toda área da bacia deverá contribuir para o escoamento simultaneamente e em intervalos de tempo pequenos; as precipitações deverão ser de alta intensidade e curta duração e; a variação de velocidade de infiltração não deverá ser grande em pequenos intervalos de tempo.

2.5.2 Método NRCS

De acordo com TUCCI (1995) outro método utilizado para cálculo de estruturas hidráulicas é o NRCS (*Natural Resources Conservation Service*) também é baseado em fatores empíricos, desenvolvidos pelo serviço de conservação do solo (SCS), publicado pela primeira vez em 1975 em um manual de projeto intitulado *Urban hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55*, também conhecido como TR-5500, nele contém tabelas e gráficos que permitem ao usuário calcular o escoamento máximo e os hidrogramas de escoamento para bacias hidrográficas. Os parâmetros que devem ser seguidos para gerar um hidrograma são: local; características da cobertura do solo e; tempo de concentração (Gribbin 2010).

GRIBBIN (2010) compara o método NRCS com o Método racional e conclui que o método NRCS resulta em uma descrição mais realista do processo de escoamento em comparação com o método racional. Diz que é por essa razão que o método racional tende a ser usado em pequenas estruturas hidráulicas, como coletores de águas pluviais, enquanto o método NRCS é usado para estruturas de maior envergadura. Ressalta que geralmente quanto maior a estrutura, maior é o custo da falha, por isso os métodos de projeto devem ser mais realistas e conservadores.

Dentre as diferenças mais peculiares nos dois métodos está o tratamento nas perdas, que é feita de maneira mais detalhada e especificada no método NRCS.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O local de estudo está localizado em Machado que é um município brasileiro do estado de Minas Gerais, onde de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015) sua população estimada em julho de 2014 era de 41070 habitantes. A principal atividade econômica é o cultivo do café.



Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia INMET (2010) a temperatura mínima registrada em Machado foi de $-0,6^{\circ}\text{C}$, ocorrida no dia 18 de julho de 2000. Já a máxima foi de $36,8^{\circ}\text{C}$, observada dia 25 de janeiro de 2006. O maior acumulado de chuva registrado na cidade em 24 horas foi de 141,7 mm, em 19 de novembro de 1976.

A Rua Sete de Setembro, da qual se refere este estudo, a drenagem é feita superficialmente pelo perfil da rua e também por bocas de lobo que começam captando a vazão gerada pela margem direita da Rua Barão do Rio Branco, recebendo depois a vazão da Rua Vital Brasil, o volume total de gerado neste primeiro trecho é feito, na margem direita pela boca de lobo 01 que está quase totalmente obstruída por sujeira e não há caixa de inspeção na mesma, este elemento recebe ainda a contribuição da margem esquerda da Rua Major Feliciano. Na margem esquerda do cruzamento destas ruas está posicionada a boca de lobo 02, que recebe também uma contribuição de vazão da margem direita da Rua Major Feliciano.

A boca de lobo 03 recebe a vazão da margem direita do da Rua Major Feliciano, considerando o sentido da água, já a boca de lobo 04 a margem esquerda da mesma. Abaixo, no cruzamento da rua Sete de Setembro com a Coronel Jacinto está localizada as bocas de lobo 05 captando a vazão da margem direita da Sete de Setembro, a boca de lobo 06 que capta à margem esquerda da mesma somada a contribuição da margem direita da Rua Coronel Jacinto. No final da margem esquerda da Rua Coronel Jacinto está a boca de lobo 5.1 captando a vazão desta via.

No próximo trecho da Rua Sete de Setembro, no ponto mais deste, está a boca de lobo 07, que recebe a vazão da margem direita da Rua Coronel Jacinto, mais abaixo, no meio deste trecho está a boca de lobo 08 e no final a boca de lobo 09 fazendo a catação da margem direita da Sete de Setembro, do lado esquerdo o responsável pela captação é a boca de lobo 10 que também capta a contribuição da margem direita da Rua Prof. José Vieira.

Abaixo do cruzamento da Sete de Setembro com Rua Prof. José Vieira estão as bocas de lobo 11 que capta a vazão da margem direita da Rua Prof. José Vieira e na margem esquerda a boca de lobo 12, no final deste trecho está a boca de lobo 13 fazendo a captação da margem direita da Rua Sete de Setembro e a boca de lobo 14 a margem esquerda mais a contribuição da margem direita da Rua Coronel José Francisco Vieira.

O volume captado pelas bocas de lobo 13 e 14 passa através de tubos por baixo da Rua Coronel José Francisco Vieira, lançando para o último trecho da Rua Sete de Setembro, este volume é transportado por sarjeta pela margem direita até a boca de lobo 15 e pela margem direita até a boca de lobo 16, que também são responsáveis pela captação do volume gerado por este trecho.

A Figura10 e também o Apêndice A permite entender melhor a disposição desses elementos de captação ao longo da Rua Sete de Setembro.

Figura 9 - Croqui da Região que Contribui para a Bacia



Fonte: O autor.

3.2 Intensidade da Precipitação

A intensidade da precipitação foi obtida pelo Software Pluvio (Figura 11) para o município de Machado – MG possibilitando um resultado mais próximo do real.

Figura 10 - Software Pluvio (Dados do município de Machado – MG).

Mapa do Brasil Relatório Ajuda

45°55'11"

21°40'29"

Estados: Minas Gerais

Estações:

- Acaíaca
- Acesa (Coronel Fabriciano)
- Amorés
- Ajuruoca
- Alto da Boa Vista (Mateus Leme)
- Andrelândia
- Araçuaí
- Araguari
- Araxá
- Arinos (ANFFI)

Localidades:

- Luzlândia
- Luz Pires de Minas (Coração de Jesus)
- Luzlândia do Oeste (João Pinheiro)
- Luminárias
- Luminosa (Brasópolis)
- Luz
- Macaia (Bom Sucesso)
- Machacalis
- Machado
- Machado Mineiro (Águas Vermelhas)

Interpolação

Relatório Ajuda

Cancelar

Fechar

Parâmetros da Equação IDF

Latitude: 21°40'29" Longitude: 45°55'11" Calcular

K: 3811,290 a: 0,207

b: 20,340 c: 1,075

Fonte: UFV (Universidade Federal de Viçosa).

Segundo Carvalho e Silva (2006), a equação complementar do programa Plúvio 2.1.

$$i = \frac{k \cdot T^a}{(t+b)^c} \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

i = intensidade média de precipitação intensa (mm/h)

t = duração de precipitação (min)

T = período de retorno (anos)

k, a, b, c = constantes de ajustes locais.

3.3 Período de Retorno

Foi avaliado um período de retorno de dois e dez anos, como recomenda Botelho (2011) em obras de drenagem urbana.

3.4 Tempo de Concentração

O tempo de concentração de acordo com Botelho (2011) pode ser estimado como a soma de $T_a + T_s$:

$$T_c = T_s + T_a \quad (\text{eq. 3})$$

Onde:

T_c = Tempo de concentração

T_a = Tempo que leva uma gota de água caindo do ponto mais extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão. Será estimado $T_a = 10$ min de acordo com indicação do autor.

T_s = Tempo que leva uma gota de água para percorrer o vale da bacia de maior extensão até a primeira boca de lobo do sistema.

Para o cálculo de T_s , Botelho (2011) indica a fórmula de George Ribeiro, publicado em 1961, da qual usaremos neste estudo de caso.

$$T_s = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2P) \cdot (100 \cdot i^{0,04})} \quad (\text{eq. 4})$$

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;

i = Declividade média do terreno ao longo do trecho (L) considerado (m/m).

3.5 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial definido de acordo com a Tabela 4 onde será calculada a média do coeficiente C para a área de contribuição de cada elemento.

3.6 Método Racional

A estimativa de vazão se dará pelo método racional, o que de acordo com literatura utilizada, é um método bastante funcional para cálculo de pequenas bacias. Este é obtido pela seguinte fórmula:

$$Q = C.i.A \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s)

i = intensidade média de precipitação intensa (m/s)

C = Coeficiente de escoamento superficial médio

A = Área da bacia de contribuição (m²)

3.7 Métodos para cálculo de capacidade de engolimento das bocas de lobo

Para se chegar a capacidade de cada boca de lobo será utilizado a formula de FHWA (1996 apud TOMAZ, 2013).

3.7.1 Bocas de lobo sem depressão

Para bocas de lobo sem depressão e altura da lâmina d'água é menor que a abertura da guia, pode ser considerado um vertedor e a capacidade de engolimento conforme FHWA (1996 apud TOMAZ, 2013) será:

$$Q_i = 1,60.L.y^{1,5} \quad (\text{eq. 5})$$

Sendo:

Q= vazão de engolimento (m³ /s);

L=comprimento da soleira (m);

y=altura de água próxima a abertura da guia (m) sendo $y \leq h$.

3.7.2 Bocas de lobo com depressão

A boca de lobo com depressão trabalha como vertedor e conforme FHWA (1996 apud TOMAZ, 2013) temos:

$$Q_i = 1,25. (L + 1,8w)y^{1,5} \quad (\text{eq. 5.1})$$

Sendo:

Q_i = vazão de engolimento da boca de lobo (m^3/s)

L = comprimento da abertura da boca de lobo (m)

W =comprimento da sarjeta onde está a depressão (m)

y = profundidade na boca de lobo medida da declividade normal (m) sendo calculado por: $y= T \cdot Sx$

A condição imposta para y é: $y \leq h + a$

Sendo:

y = profundidade da boca de lobo medida da declividade normal (m)

h = altura da abertura da boca de lobo (m)

a = profundidade da depressão (m).

Normalmente adota-se para a : 0,025m, 0,05m, 0,075m ou 0,125m (TOMAZ, 2013).

Sendo:

Q_i = vazão de engolimento da sarjeta com ou sem depressão (m^3/s)

A_g = área efetiva da abertura da boca de lobo (m^2)

g = aceleração da gravidade = $9,81\text{m}/\text{s}^2$

h = altura da abertura na boca de lobo (m) incluso depressão.

d_i = altura do nível de água incluso a depressão (m).

3.7.3 Caixa com grelha

Quando a boca de lobo é uma grelha a vazão é calculada pela equação conforme FHWA (1996 apud TOMAZ, 2013):

$$Q_i = 1,66. L. y^{1,5} \quad (\text{eq. 6})$$

Sendo:

Q_i = vazão de engolimento da grelha (m^3 / s);

P = perímetro da boca de lobo (m);

y = altura de água na sarjeta sobre a grelha (m)

Quando a grelha é adjacente a uma boca de lobo simples, para a contagem do perímetro é descontado o lado que está junto a boca de lobo (TOMAZ, 2013).

3.7.4 Redução de Escoamento em Bocas de Lobo

Para o cálculo de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo será utilizado a Tabela 2 recomendada por PMSP/ FCTH (1999 apud TOMAZ, 2013).

3.8 Capacidade de transporte das galerias

O dimensionamento hidráulico das galerias de águas se dará por Manning de acordo com Netto (2012), assim será possível verificar se as dimensões atual da galeria atende a vazão gerada na rua.

De acordo com Netto (2012), os canais devem ser calculados pela fórmula de Manning (equação 7) considerando seção plena e posteriormente corrigido de acordo com Apêndice – A, o raio hidráulico pode ser obtido pela Figura – 8 e o coeficiente de rugosidade de Manning na Tabela – 5. A velocidade deve ser verificada pela (equação 8) devendo ficar entre 0,75m/s e 5 m/s Netto (2012)

$$Q = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (7)$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning, Tabela 5 .

Rh = raio hidráulico (m).

I = declividade (m/m)

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I \quad (8)$$

Onde:

V = Velocidade (m/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning, identificado no Quadro 4 .

Rh = raio hidráulico (m).

I = declividade (m/m)

Tabela 5 - 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 espaiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espaiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

4 RESULTADOS

A concepção do projeto foi baseada primeiramente em fazer o levantamento da topografia e projeto urbanístico da área em estudo ilustrado na Figura 12. Como esta é uma região antiga da cidade, não existiam arquivos de projetos com informações da mesma, o levantamento dessas informações foi obtido com o auxílio dos softwares Google Earth Pro, Global Mapper e Auto Cad.

Figura 11 - Área das Bacias de Contribuição.



Fonte: O autor.

4.1 Intensidade da precipitação

A intensidade de precipitação se deu pelo Software Pluvio para o município de Machado (Figura 11), aplicando a equação complementar de Carvalho e Silva, (2006) Eq.02 considerando um tempo de retorno de dois e dez anos.

Tabela 6 - Cálculo da Intensidade

BL	L (km)	Cota		I med (m/m)	Permeável (%)	Ts (min)	Tc (min)	i (mm/h) Tr = 2 anos	i (mm/h) Tr = 10 anos
		Montante	Jusante						
01	0,2850	851,60	794,00	0,202	0	4,76	14,76	0,0000267	0,0000372
02	0,0949	846,80	835,00	0,124	0	4,85	14,85	0,0000266	0,0000371
03	0,0855	836,50	835,00	0,018	0	5,25	15,25	0,0000263	0,0000367
04	0,1076	836,30	835,00	0,012	0	5,32	15,32	0,0000262	0,0000366
05	0,0436	835,00	825,20	0,225	0	4,74	14,74	0,0000267	0,0000372
5.1	0,0836	826,00	825,00	0,012	0	5,33	15,33	0,0000262	0,0000366
06	0,0836	826,30	825,00	0,016	5	5,27	15,27	0,0000263	0,0000366
07	0,0436	835,00	825,20	0,225	0	4,74	14,74	0,0000267	0,0000372
08	0,0836	826,30	825,00	0,016	0	5,27	15,27	0,0000263	0,0000366
09	0,0174	825,00	820,00	0,287	0	4,69	14,69	0,0000267	0,0000373
10	0,0168	820,00	815,00	0,297	0	4,68	14,68	0,0000267	0,0000373
11	0,0345	825,00	815,00	0,290	0	4,69	14,69	0,0000267	0,0000373
12	0,0776	816,30	815,00	0,017	0	5,26	15,26	0,0000263	0,0000366
13	0,1008	819,20	815,00	0,042	0	5,07	15,07	0,0000264	0,0000369
14	0,0510	815,00	803,00	0,235	0	4,73	14,73	0,0000267	0,0000372
15	0,0510	815,00	803,00	0,235	0	4,73	14,73	0,0000267	0,0000372
16	0,1182	806,00	795,00	0,093	0	4,91	14,91	0,0000265	0,0000370
17	0,0520	803,00	795,00	0,154	0	4,81	14,81	0,0000266	0,0000371

Fonte: O Autor.

4.2 Coeficiente de deflúvio

Diante da área da bacia que contribui para cada elemento, dividiu-se a área correspondente às residências, ruas pavimentadas em paralelepípedo e asfalto que foi multiplicado por seu coeficiente de escoamento específico, posteriormente dividiu-se a soma destes coeficientes pela área total, permitindo chegar a um coeficiente médio característico para a bacia na situação atual e após a troca do pavimento.

$$C = \frac{C_1 \cdot Area_1 + C_2 \cdot Area_2 + C_3 \cdot Area_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Tabela 7 - Cálculo do Coeficiente de Escoamento Superficial Médio.

ÁREA	RESIDENCIA	ASFALTO	PARALELEP.	Cm atual	Cm futuro
01	6092,900	555,00	930,00	0,784	0,811
02	4565,520	409,60	275,65	0,786	0,797
03	1214,600	293,54	11,00	0,811	0,812
04	1648,610	314,10	11,00	0,803	0,805
05	365,370		168,54	0,767	0,836
5.1	964,000		333,15	0,767	0,824
06	1759,000	361,60	146,80	0,803	0,817
07	964,000		333,15	0,767	0,824
08	96,870		60,80	0,766	0,851
09	91,700		60,80	0,766	0,854
10	2185,860	378,00	512,00	0,794	0,831
11	1116,220	260,00	11,00	0,809	0,811
12	1468,000	334,00	11,00	0,809	0,810
13	317,700		194,00	0,766	0,850
14	1932,700	452,00	168,00	0,807	0,821
15	468,400		164,15	0,767	0,824
16	1933,000	326,16	185,83	0,797	0,814
Ocupação	C/100				
Residência	0,77				
Asfalto	0,98				
Paralelepípedo	0,76				

Fonte: O Autor.

4.3 Aplicação do método racional e verificação da capacidade de engolimento das bocas de lobo

Calculou-se a capacidade de engolimento das bocas de lobo conforme FHWA (1996 apud TOMAZ, 2013) e posteriormente, verificado se estas seriam capazes de captar a vazão gerada pela água de chuva, sendo calculado pelo Método Racional.

Tabela 8 - Capacidade de Engolimento e Calculo de Vazão.

BL	P/L	y	F correção	Qeng (m³/s)	Vazão T02 Atual	Vazão T10 Atual	Vazão T02 Futuro	Vazão T10 Futuro	VERIFICAÇÃO			
									T02 atual	T10 atual	T02 futuro	T10 Futuro
01	0,5	0,1	0,8	0,020	0,1584	0,2211	0,1639	0,2287	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
02	3,65	0,1	0,8	0,148	0,1097	0,1531	0,1113	0,1553	OK	NÃO	OK	NÃO
03	0,65	0,12	0,8	0,035	0,0323	0,0451	0,0324	0,0452	OK	NÃO	OK	NÃO
04	0,6	0,1	0,8	0,024	0,0416	0,0580	0,0416	0,0581	OK	OK	OK	OK
4.1	1,65	0,2	0,65	0,153								
05	2	0,15	0,5	0,093	0,0109	0,0152	0,0119	0,0166	OK	OK	OK	OK
5.1	1,5	0,15	0,5	0,070	0,0261	0,0364	0,0280	0,0391	OK	OK	OK	OK
06	1,8	0,12	0,65	0,127	0,0478	0,0000	0,0486	0,0679	OK	OK	OK	OK
6.1	0,75	0,2	0,8	0,086								
07	1,6	0,12	0,5	0,055	0,0266	0,0371	0,0285	0,0398	OK	OK	OK	OK
08	1,45	0,12	0,5	0,050	0,0032	0,0044	0,0035	0,0049	OK	OK	OK	OK
09	2,6	0,12	0,5	0,090	0,0031	0,0044	0,0035	0,0049	OK	OK	OK	OK
10	0,7	0,2	0,65	0,510	0,0653	0,0911	0,0683	0,0953	OK	OK	OK	OK
11	3,4	0,2	0,5	0,008	0,0300	0,0419	0,0301	0,0419	OK	OK	OK	OK
12	2,3	0,15	0,5	0,111	0,0385	0,0537	0,0386	0,0538	OK	OK	OK	OK
13	5,1	0,15	0,5	0,246	0,0104	0,0144	0,0115	0,0160	OK	OK	OK	OK
14	2,3	0,15	0,5	0,111	0,0549	0,0767	0,0559	0,0780	OK	OK	OK	OK
15	2,5	0,15	0,6	0,145	0,0130	0,0181	0,0139	0,0194	OK	OK	OK	OK
16	3,8	0,1	0,5	0,100	0,0517	0,0722	0,0528	0,0737	OK	OK	OK	OK

Fonte: O autor.

4.4 Aplicação da fórmula de Manning para capacidade de transporte da galeria pluvial

Chegou-se a capacidade de vazão da galeria de acordo com Netto (2012) utilizando a equação (7) considerando seção plena para o diâmetro da tubulação existente para um coeficiente “n” de Manning igual à 0,016 de acordo com Tabela (5) sendo corrigida posteriormente para uma relação $y/d = 0,8$ utilizando Apêndice (B). Com a capacidade de transporte estimada se fez possível verificar se os elementos serão capazes de transportar com eficiência a vazão gerada na via para as duas situações.

A velocidade foi verificada de acordo com Netto (2012) equação (08) analisando se estas estão dentro dos limites indicados pelo autor

Tabela 8 - Capacidade de transporte da galeria.

Trec ho	Diâme tro do Tubo (m)	RH (m)	Declivid ade (m/m)	Capac . Q (m ³ /s) corrige da	Velocid ade (m/s)	Vaz ão T02 Atu (m ³ / s)	Vaz ão T10 Atu (m ³ / s)	Vaz ão T02 Futu ro (m ³ / s)	Vaz ão T10 Futu ro (m ³ / s)	VERIFICAÇÃO			
										T02 - atual	T10 - atual	T02 futuro	T10 Futuro
1-3	0,4	0, 1	0,124	0,604	4,17	0,26 82	0,37 42	0,27 52	0,38 40	Ok	Ok	Ok	Ok
3-5	0,4	0, 1	0,225	0,812	5,60	0,34 21	0,47 73	0,34 92	0,48 73	Ok	Ok	Ok	Ok
5-7	0,6	0, 15	0,07	1,336	4,10	0,38 98	0,47 73	0,39 79	0,55 52	Ok	Ok	Ok	Ok
7-8	0,6	0, 15	0,026	0,809	2,48	0,41 60	0,51 38	0,42 60	0,59 44	Ok	Ok	Ok	Ok
8-9	0,6	0, 15	0,287	2,704	8,29	0,41 92	0,51 82	0,42 95	0,59 93	Ok	Ok	Ok	Ok
9-11	0,6	0, 15	0,07	1,336	4,10	0,48 45	0,60 93	0,49 78	0,69 46	Ok	Ok	Ok	Ok
11- 13	0,6	0, 15	0,042	1,031	3,16	0,52 30	0,66 30	0,53 63	0,74 84	Ok	Ok	Ok	Ok
13- 15	0,6	0, 15	0,235	2,449	7,51	0,57 79	0,73 97	0,59 23	0,82 64	Ok	Ok	Ok	Ok
15 - R	0,6	0, 15	0,036	0,958	2,94	0,64 26	0,83 00	0,65 90	0,91 96	Ok	Ok	Ok	Ok

4.5 Readequações do Sistema

Diante do resultado encontrado, viu-se que alguns elementos não suportam a vazão da via mesmo considerando as características do pavimento atual o que será agravado com a substituição pelo asfalto. Algumas medidas podem ser tomadas para evitar problemas nesta via, a solução proposta foi a reestruturação destes elementos, seguindo dimensões adequadas, de modo a captar toda vazão gerada conforme descrito na (tabela 9) abaixo.

A reestruturação deve começar com a demolição do calçamento nas dimensões estimadas para o novo elemento, posteriormente execução do serviço de estrutura da boca de lobo. Se viu necessário também a instalação de caixa de inspeção nas bocas de lobo 01 e 02 das quais se encontram obstruídas devido ao maior acúmulo de entulhos, considerando que estes elementos recebem primeiramente todo resíduo gerado pela região central da cidade, onde o acúmulo de lixos é relevantemente maior.

Tabela 9 – Dimensões ideais para correção das bocas de lobo

Boca de Lobo	Dimensão atual (m)	Dimensão necessária (m)
01	0,50	02 Bocas Lobo de 2,25
02	3,65	4,0
03	0,65	0,9

4.6 Estimativas de Consumo de Material e Mão de Obra

O levantamento de quantitativo de material apresentado abaixo foi baseado na Tabela De Composição De Preços Para Orçamento TCPO (2012) sendo utilizados os itens DEMOLIÇÃO de concreto com ferramentas manuais (p.45), item BOCA de lançamento simples em concreto armado para tubo 80mm (p.432), e item CAIXA de inspeção em alvenaria de ½ tijolo comum maciço (p.435).

Tabela 10 – Demolição de concreto com ferramentas manuais

COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS
Quantidade: 10 (m ³) - Item: DEMOLIÇÃO de concreto com ferramentas manuais		
Pedreiro	h	13,00
Servente	h	130,00

Tabela 11 – Boca de lançamento simples

COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS
Quantidade: 04 (Un) - Item: BOCA de lançamento simples em concreto armado para tubo 80mm		
Ajudante	h	241,60
Carpinteiro	h	85,20
Armador	h	54,80
Pedreiro	h	44,40
Servente	h	40,40
Areia lavada tipo média	m ³	5,92
Seixo rolado simples	m ³	6,00
Cimento portland CP-32	kg	2319,00
Barra de aço CA-50 5/16" (massa 0,395 kg/m bitola 8mm)	kg	788,00
Arame galvanizado nº 8 mm	kg	13,68
Pontaletes de 3" x 3"	m	44,80
Sarrafo 1" x 2"	m	68,40
Tábua 1" x 9"	m	190,40
Desmoldante para fôrmas	l	7,60
Prego com cabeça 18 x 30 (comprimento 69 mm / diâmetro 3,40 mm)	kg	8,92

Tabela 12 – Caixa de inspeção

COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS
Quantidade: 02 (Un) 60 x 60 x 60 - Item: CAIXA de inspeção de 1/2 tijolo comum maciço.		
Ajudante de armador	h	0,450
Ajudante de carpinteiro	h	2,380
Carpinteiro	h	2,380
Armador	h	0,450
Pedreiro	h	8,280
Servente	h	16,380
Areia lavada tipo média	m ³	0,322
Pedra britada tipo 1	m ³	0,040
Pedra britada tipo 2	m ³	0,114
Cal hidratado	kg	15,280
Cimento portland CP-32	kg	83,800
Tijolo cerâmico 57mm x 190mm x 90mm	um	282,000
Aço CA-60 Ø5mm (massa 0,154 kg/m)	kg	5,160
Arame recozido 1,25 mm	kg	0,088
Chapa de madeira compensada resinada 12mm	m ²	0,400
Tábua 1" x 9"	m ²	0,118

5 CONCLUSÃO

Para obras de drenagem se faz necessário conhecer o material que será trabalhado, podendo assim considerar a influência deste no processo de drenagem, uma obra sem planejamento pode trazer prejuízos e transtornos à população, portanto, as trocas de pavimento de uma via, tendo estes, características de escoamento distintas, causam uma vazão final diferente da considerado no projeto original, oque pode gerar um mau funcionamento do sistema.

Considerando a troca de pavimento da Rua Sete de Setembro observou-se um aumento no volume final de vazão de 3% considerando um tempo de retorno de dois anos e uum aumento de 10% para dez anos, o que neste caso não trará muitos danos ao sistema.

Foi avaliado a capacidade dos elementos que fazem parte do sistema de drenagem, como as sarjetas bocas de lobo galerias e tubos de ligação sendo que destes, três bocas de lobo não suportam a vazão gerada tanto na situação atual, como futura, o que seria agravado com a impermeabilização da via. Foi proposta então uma readequação nas dimenções destes elementos e levantado uma estimativa de quantidade de material para execução destes lembrando que o intuito deste projeto não é estimar o custo financeiro da obra.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 5 n.3, p. 21-29, jul./set. 2000.

Disponível em:

<https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/48ba673566bf8968f9c4c613a6f1a9af_f2be3ce54d1b6412ba634aca68acf5c0.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Projeto Técnico: pavimento permeável.**

Soluções para Cidades, 2011.

Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf>.

Acesso em: 10 Set. 2015.

BARBOSA JÚNIOR, Antenor Rodrigues. Escoamento superficial. In: _____. **Elementos de Hidrologia Aplicada**, [S.l.: s.n.], Cap. 6, p. 92-155. Disponível em:

<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodrigues/6_escoamento%20superficial.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2015.

BARTH, R. T. Planos diretores em drenagem urbana: proposição de medidas para sua implementação. 1997. 267 f. tese (Doutorado) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo – São Paulo 1997

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3 ed. São. Paulo: Blucher, 2011.

BRASIL, **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Departamento

Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). 2 ed., Rio de Janeiro, 2005. Disponível

em: <http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/715_Manual_de_Hidrologia_Basica.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

CARVALHO, Daniel Fonseca de. **Aspectos hidrológicos associados à conservação de água e solo**. Manejo e conservação do solo e água. 2010.

Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Pos-graduacao/Manejo%20e%20conservacao%20do%20solo%20e%20da%20agua/manejo%20e%20conservacao%20-%20parte%203.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Escoamento superficial**. In _____. Hidrologia, [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>.

CORRÊA SOBRINHO, Nelson Lopes. **Uma análise do balanço hídrico do aterro sanitário de Presidente Prudente**. 2000. 117f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos_dissemtacoes/sobrinho.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

COSTA, A.R.; SANTOS, A.C.C.; OLIVEIRA, L.F.C. **Regionalização de equações de chuva no cerrado**. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 5, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

DRENAGEM urbana. [S.l.: s.n.], 2008.

Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAagIAF/drenagem-urbana-sp>>. Acesso em: 10 set. 2015.

FERNANDES, Carlos. **MICRODRENAGEM**: um estudo inicial. [S.l.: s.n.], 2002.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage, 3 ed, 2010.

LOPES, Elisa Ribeiro Cunha Armond; GOMES, Júlio. **Avaliação do impacto da redução do escoamento superficial sobre a vazão de saída em uma rede de microdrenagem**. Anais... XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, nov/dez., 2011. Disponível em: https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/9c0fb98ac485a8452068adeb5f5719a1_ce d6ae3fcd9bdf2fd522bde910c30814.pdf. Acesso em: 10 set. 2015

MACHADO, M. L. B. SILVA, A. S. A Contribuição das ações antrópicas na degradação do solo e do meio ambiente **Tekoa**. Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida. Ano 1, 1 ed., dez. 2005. Disponível em: <<http://www.uva.br/pdfs/graduacao/ccbs/revistabiologia/Artigos/acoesantro.htm>>. Acesso em: 10 set. 2015

CENSO 2010

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm>

MARI JUNIOR, Alvaro. **Determinação do coeficiente de deflúvio da bacia do arroio ouro verde localizada no município de Foz do Iguaçu/PR**. 2010, 40f. Trabalho Final de Graduação (Engenharia Ambiental) - Faculdade Dinâmica de Cataratas – UDC, Foz do Iguaçu. 2010.

MARINS, Renata. **Gerenciamento da drenagem urbana**. 2006, 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. 2006.

MARTINS JÚNIOR, D. **Avaliação de um modelo de simulação de lâmina e vazão máximas de escoamento superficial**. 1997. 153 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

NETTO, A. et al. **Manual de hidráulica**. 8ª edição, 2012.

Plúvio 2.1. <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>> Acessado em 19 de outubro de 2015.

PORTO, R. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. (org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Edusp / ABRH / Editora da Universidade UFRGS, 1993.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes de projeto para estudos hidrológicos método racional**. Secretaria de vias públicas: DP-H03, São Paulo, p. 53-63, 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-H03.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

TCPO, **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 14ª edição, 2012

TOMAZ, Engenheiro Plínio. Microdrenagem. In: _____. **Curso de Manejo de águas pluviais**. [S.l.: s.n.], out. 2013. Cap. 5. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo05.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

TEIXEIRA, S. N. Monografia: **Sistema de drenagem urbana: Estudo de caso para a macrodrenagem do município de Arcos-MG**. Formiga. 2014.

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

TUCCI, C.E.M. **Inundações e drenagem urbana**. Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: ABRH, p. 45-150. 2003.

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

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**, CETESB, São Paulo, 1978.

YOSHIZANE, Hiroshi Paulo. **Hidrologia e drenagem**. ST-306, Universidade Estadual de Campinas (CESET), 2003.

SIURB – **Composição de custos**

Disponível em:

<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/Atas/ATAS%202012/atas%202012/007_12.pdf> Acessado em 19 de outubro de 2015

APENDICE A – FOTOS





APENDICE B – FATOR DE CORREÇÃO Y/D PARA EQUAÇÃO DE MANNING

Relações baseadas na equação de Manning

y/d	R/d	A/d ²	v/vp	Q/Qp	y/d	R/d	A/d ²	v/vp	Q/Qp
0,01	0,0066	0,0013	0,0890	0,00015	0,51	0,2531	0,4027	1,0084	0,51702
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,52	0,2562	0,4127	1,0165	0,53411
0,03	0,0197	0,0069	0,1839	0,00161	0,53	0,2592	0,4227	1,0243	0,55127
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,54	0,2621	0,4327	1,0320	0,56847
0,05	0,0326	0,0147	0,2569	0,00480	0,55	0,2649	0,4426	1,0393	0,58571
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00706	0,56	0,2676	0,4526	1,0464	0,60296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00963	0,57	0,2703	0,4626	1,0533	0,62022
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,58	0,2728	0,4724	1,0599	0,63746
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,59	0,2753	0,4822	1,0663	0,65467
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,60	0,2776	0,4920	1,0724	0,67184
0,11	0,0695	0,0470	0,4260	0,02550	0,61	0,2799	0,5018	1,0783	0,68895
0,12	0,0755	0,0534	0,4499	0,03058	0,62	0,2821	0,5115	1,0839	0,70597
0,13	0,0813	0,0600	0,4730	0,03613	0,63	0,2842	0,5212	1,0893	0,72290
0,14	0,0871	0,0668	0,4953	0,04214	0,64	0,2862	0,5308	1,0944	0,73972
0,15	0,0929	0,0739	0,5168	0,04861	0,65	0,2881	0,5404	1,0993	0,75641
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,66	0,2900	0,5499	1,1039	0,77295
0,17	0,1042	0,0885	0,5578	0,06288	0,67	0,2917	0,5594	1,1083	0,78932
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,68	0,2933	0,5687	1,1124	0,80551
0,19	0,1152	0,1039	0,5963	0,07891	0,69	0,2948	0,5780	1,1162	0,82149
0,20	0,1206	0,1118	0,6150	0,08757	0,70	0,2962	0,5872	1,1198	0,83724
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,71	0,2975	0,5964	1,1231	0,85275
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,72	0,2987	0,6054	1,1261	0,86799
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,73	0,2998	0,6143	1,1288	0,88294
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,74	0,3008	0,6231	1,1313	0,89758
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,75	0,3017	0,6319	1,1335	0,91188
0,26	0,1516	0,1623	0,7165	0,14803	0,76	0,3024	0,6406	1,1354	0,92582
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,77	0,3031	0,6489	1,1369	0,93938
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,78	0,3036	0,6573	1,1382	0,95253
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,79	0,3039	0,6655	1,1391	0,96523
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,80	0,3042	0,6736	1,1397	0,97747
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,81	0,3043	0,6815	1,1400	0,98921
0,32	0,1802	0,2167	0,8038	0,22175	0,82	0,3043	0,6893	1,1399	1,00041
0,33	0,1847	0,2250	0,8172	0,23518	0,83	0,3041	0,6969	1,1395	1,01104
0,34	0,1891	0,2335	0,8302	0,24892	0,84	0,3038	0,7043	1,1387	1,02107
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,85	0,3033	0,7115	1,1374	1,03044
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,86	0,3026	0,7186	1,1358	1,03913
0,37	0,2020	0,2642	0,8675	0,29180	0,87	0,3018	0,7254	1,1337	1,04706
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,88	0,3007	0,7320	1,1311	1,05420
0,39	0,2102	0,2836	0,8909	0,32169	0,89	0,2995	0,7384	1,1280	1,06047
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,90	0,2980	0,7445	1,1243	1,06580
0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250	0,91	0,2963	0,7504	1,1200	1,07011
0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823	0,92	0,2944	0,7560	1,1151	1,07328
0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415	0,93	0,2921	0,7612	1,1093	1,07520
0,44	0,2295	0,3328	0,9445	0,40025	0,94	0,2895	0,7662	1,1027	1,07583
0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653	0,95	0,2865	0,7707	1,0950	1,07452
0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296	0,96	0,2829	0,7749	1,0859	1,07138
0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954	0,97	0,2787	0,7785	1,0751	1,06575
0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624	0,98	0,2735	0,7816	1,0618	1,05869
0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307	0,99	0,2686	0,7841	1,0437	1,04156
0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000	1,00	0,2500	0,7854	1,0000	1,00000