

PATOLOGIAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL NO BAIRRO JARDIM BOTÂNICO EM CAMPOS GERAIS - MG

David Alves Novaes*
Leopoldo Uberto Ribeiro Junior**

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma análise acerca do sistema de microdrenagem existente no bairro Jardim Botânico na cidade de Campos Gerais-MG, com foco nas galerias pluviais e na conservação do sistema existente. Trata-se de um estudo sobre a importância de um sistema de microdrenagem, seus componentes e como são dimensionadas as galerias pluviais. O desenvolvimento se deu por pesquisa bibliográfica, levantamento dos dados hidrológicos para caracterização da bacia, levantamento de dados junto ao município e visitas in loco para levantamento de campo. Uma vez calculadas as vazões de projeto das bacias de contribuição do local, comparou-se com a capacidade de escoamento das galerias pluviais já existentes. Os resultados mostraram que as vazões de projeto de ambas as galerias são maiores do que estas são capazes de transportar, o que leva a concluir que não foram dimensionadas de maneira correta e ficou evidenciado que o rompimento e de um dos trechos das galerias e a erosão do solo no local de estudo se deu por esta razão, sendo que ao final esta pesquisa pretende propor possíveis soluções para o problema.

Palavras-chave: Microdrenagem; Planejamento; Galerias pluviais.

*Aluno do 10º período do Curso de Engenharia Civil EAD do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG, E-mail: dalvesnovaes@gmail.com

**Professor, Orientador do 10º período do Curso de Engenharia Civil EAD do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG, E-mail: leopoldo_junior@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisou as patologias em um trecho do sistema de drenagem pluvial no bairro Jardim Botânico em Campos Gerais-MG. Tal abordagem se justifica pela relevância no diagnóstico dos problemas em redes de drenagem pluvial já que a qualidade desse sistema é determinante para os benefícios ou prejuízos materiais e de vidas.

A urbanização impactou severamente os sistemas de abastecimento, rede de esgoto e drenagem pluvial urbana, principalmente pela falta de infraestrutura, conscientização da população e de planejamento, pois a implantação destes sistemas não acompanhou o adensamento populacional, gerando cidades formais em que há o planejamento urbano e informais onde se analisam as tendências de ocupação (TUCCI, 2008). Tal desigualdade se reflete no meio ambiente, social e de saúde desta população, gerando problemas como a falta de tratamento de esgoto, ocupação de áreas de inundação ribeirinha e de reservatórios de abastecimento, impermeabilização do solo, canalização dos rios urbanos, piora na qualidade da água e aumento dos resíduos sólidos (TUCCI, 2008), diminuindo a possibilidade de melhoria na qualidade de vida desta população.

O planejamento de sistemas de drenagem pluvial em obras de infraestrutura urbana se baseia na incessante busca em diminuir os efeitos causados pela ação do homem no meio ambiente. Quando o projeto e a implantação do sistema drenagem pluvial falham e os problemas se tornam rotineiros é preciso intervir com a ampliação ou substituição do sistema adotado, porém é necessário que se investigue os tipos de patologias e as causas para que posteriormente se identifique qual a provável solução.

O desenvolvimento deste trabalho está baseado nos impactos da urbanização no ciclo hidrológico, saneamento básico e o manejo das águas urbanas, microdrenagem, terminologias, e o método racional.

O propósito foi alcançado após a revisão dos conceitos de drenagem urbana, dos critérios hidrológicos de projeto, da averiguação das causas das patologias em referencial bibliográfico, com a avaliação e quantificação da situação do sistema de drenagem pluvial existente no local e com a apresentação da solução com base nas patologias identificadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os impactos no ciclo hidrológico ocorrem com a ocupação irregular do solo, pois, com a remoção da camada vegetal a partir do desmatamento ocorre a impermeabilização do solo,

inibindo a infiltração de água no solo, reduzindo o tempo de concentração e aumentando o escoamento superficial, dificultando a recarga dos mananciais, aquíferos e lençol freático, alterando o ciclo hidrológico natural (TUCCI, 1997).

Com a infiltração reduzida e o escoamento acelerado aumenta também o risco de enchentes e desastres ambientais, uma vez que os leitos dos rios urbanos não comportam o aumento da vazão e com o solo impermeabilizado a água fica retida. Por isso é importante planejar as ocupações para garantir o saneamento básico e o manejo das águas urbanas, conforme a breve explanação no tópico a seguir.

2.2 Saneamento básico e o manejo das Águas urbanas

A importância do saneamento básico está diretamente ligado ao aumento da expectativa de vida da população atrelado a outros benefícios como preservação do meio ambiente, saúde e lazer, pois o saneamento básico é o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (LEI Nº 11.445/2007).

Por outro lado a falta de acesso aos serviços mencionados resulta em mortalidade infantil, internações, degradação ambiental e social. Por isso é fundamental a implantação do sistema de microdrenagem, abordado no tópico a seguir.

2.3 Microdrenagem

Em 2008 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE realizou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, este definia que o sistema de drenagem contempla a pavimentação de ruas, a implantação de redes superficial e subterrânea de coleta de águas pluviais e destinação final de efluentes. Com relação à pavimentação segundo o PNSB-2008, no Brasil 40,1% dos municípios possuíam 60% a 80% de ruas pavimentadas no perímetro urbano e, com relação ao tipo de drenagem, faz um comparativo entre os anos de 2000 – 2008 nas regiões, conforme a tabela 01.

Tabela 01- Percentual do sistema de drenagem, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008

Grandes Regiões	Percentual de municípios com ruas pavimentadas na área urbana, por tipo de sistema de drenagem (%)			
	Drenagem superficial		Drenagem subterrânea	
	2000	2008	2000	2008
Brasil	80,4	94,0	85,2	76,4
Norte	95,9	99,5	61,5	46,9
Nordeste	85,9	97,5	65,0	53,2
Sudeste	83,0	94,9	96,0	92,8
Sul	67,2	86,6	99,3	95,1
Centro-Oeste	81,6	91,9	82,2	78,0

Fonte: IBGE (2008).

A tabela 01 demonstra que, enquanto a drenagem pluvial superficial foi ampliada em todas as regiões brasileiras, a drenagem pluvial profunda diminuiu, sendo que é importante mesclar os dois tipos de rede de drenagem pluvial, para amenizar os problemas oriundos da impermeabilização no perímetro urbano (PNSB, 2008).

Em Minas Gerais, segundo o Sistema Estadual de Informações sobre Saneamento de Minas Gerais (SEIS, 2011), “Considerando os municípios com rede de drenagem pluvial urbana, observa-se que no estado 92,8% das sedes municipais (788) possuíam rede de drenagem em 2011”. A tabela 02 apresenta os resultados da pesquisa para sedes municipais.

Tabela 02 - Distribuição drenagem pluvial urbana por região de Minas Gerais 2011

Especificação	Sedes	
	Abs.	%
Alto Paranaíba	30	96,8
Central	117	95,1
Centro Oeste de Minas	34	98,2
Jequitinhonha/Mucuri	55	92,4
Mata	61	99,3
Noroeste de Minas	141	73,7
Norte de Minas	14	58,0
Rio Doce	51	100,0
Sul de Minas	102	98,0
Triângulo	150	94,3
RMBH	33	100,0
Minas Gerais	788	92,8

Fonte: Adaptação (SEIS, 2011).

A tabela 02 demonstra a divisão dos municípios por região e fica evidente que no sul de Minas 98% dos municípios pesquisados (102) tinham rede de drenagem pluvial, chamando atenção para desigualdade em comparação com a região norte onde somente 58% dos municípios pesquisados (14) possuíam o sistema. Os principais dispositivos de um sistema de microdrenagem e seu dimensionamento são apresentados no tópico a seguir.

2.3.1 Terminologias dos dispositivos de microdrenagem

Os principais dispositivos que compõem um sistema de microdrenagem são: meio-fio, sarjeta, sarjetão, boca de lobo, caixa de ligação, poço de visita e galeria.

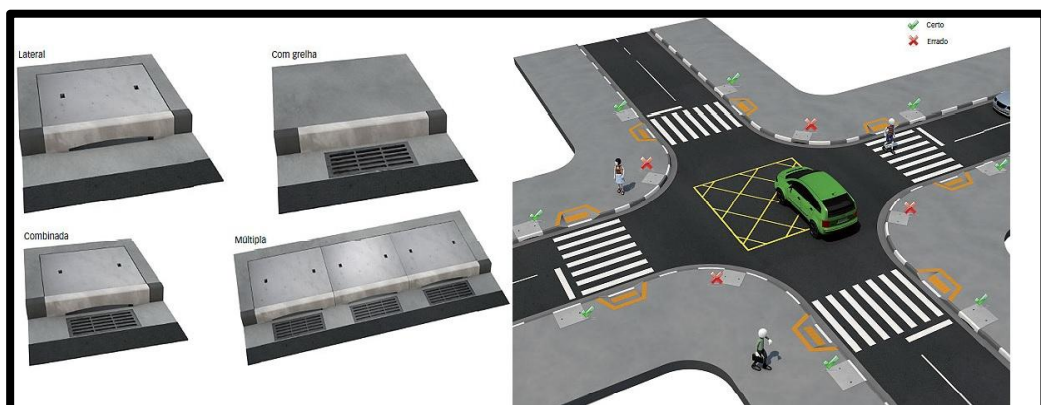
Segundo Tucci (1995), o meio-fio é um elemento que conjugado com a sarjeta forma o sistema de drenagem superficial, pode ser de pedra ou concreto e sua base superior (guia) deve estar ao nível do passeio.

Ainda conforme Tucci (1995), a sarjeta funciona como um canal a céu aberto, de seção triangular e tem por função receber as águas que escoam da faixa pavimentada da via pública, e conduzi-las até as bocas de lobo ou sarjetões. Sua capacidade de escoamento varia conforme sua declividade transversal, definida no projeto, e declividade longitudinal decorrente da topografia do local.

O sarjetão é uma calha que fica localizada em cruzamentos de vias públicas, executadas pela sua própria pavimentação e são destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas, SMDU\SP, (2012).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a boca de lobo é o elemento que capta as águas pluviais das sarjetas, e as leva aos poços de visita, às caixas de passagem e às galerias circulares. As bocas de lobo são classificadas em: simples, com grelha, combinada e múltipla, e sua implantação deve ser bem planejada para que não cause transtornos aos usuários da via, a figura 02 representa os tipos de boca de lobo e o modo de implantação da via urbana.

Figura 02 - Tipos de boca de lobo e o modo de implantação na via urbana



Fonte: adaptação (Nakamura, 2011).

A figura 02 demonstrou os tipos de bocas de lobo e o modo de implantação, sendo que estas podem ser com depressão e sem depressão, o manual da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- Cetesb (1980) define as bocas de lobo apresentadas como:

- Boca de lobo simples, que possui abertura na guia e a caixa coletora fica localizada sob o passeio;
- Boca de lobo com grelha, onde a caixa coletora fica localizada sob a faixa da sarjeta;
- Boca de lobo combinada, quando a simples e a com grelha trabalham juntas;
- Boca de lobo contínua.

Segundo a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU-USP (2015) “A caixa de ligação (caixa morta) é uma caixa de alvenaria ou pré-moldado de concreto, que recebe os condutos de conexão das bocas de lobo e se liga, por conduto, à galeria”.

Conforme FAU-USP (2015) o poço de visita ou poço de inspeção utiliza a chaminé como acesso, sendo que o poço é uma caixa de alvenaria ou pré-moldado de concreto que une dois trechos consecutivos de uma galeria e pode receber os condutos de conexão das bocas de lobo.

A galeria circular é a tubulação que conduz as águas pluviais desde sua captação pelas bocas de lobo até seu local de despejo.

O dimensionamento de galerias é feito com base em diversas equações, uma das mais utilizadas é a equação 01, de Manning, segundo Tucci (1995):

$$Q = \frac{Am \times R_H \times i^{0,5}}{n}$$

(Equação 01)

Onde:

Q : vazão inicial da galeria (m³/s);

Am : área molhada (m²);

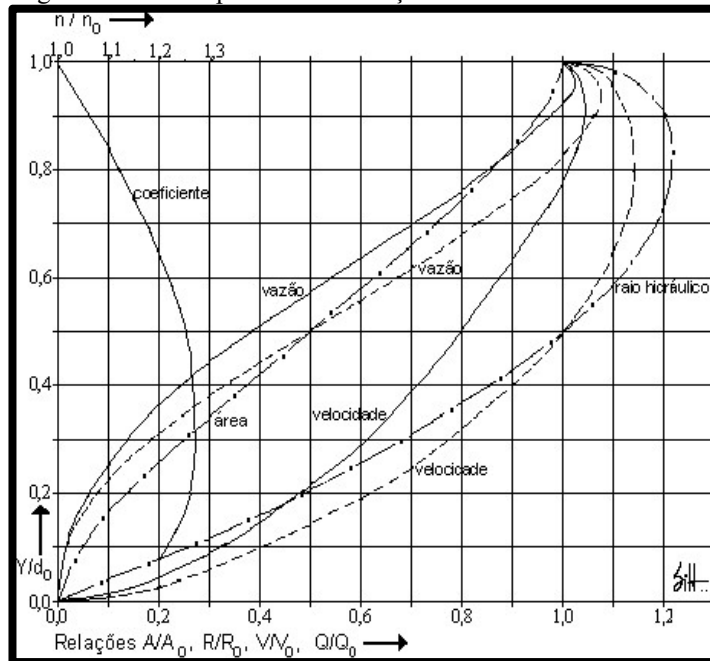
R_H : raio hidráulico (m);

i : declividade longitudinal do trecho (m/m);

n : coeficiente de rugosidade.

De acordo com Netto (1998), através do ábaco demonstrado na figura 03, é possível determinar os coeficientes utilizados para encontrar a vazão de projeto, que é a utilizada para calcular o diâmetro da tubulação.

Figura 03 - Ábaco para a determinação do coeficiente



Fonte: Netto (1998).

A figura 03 apresentou o ábaco que dita importantes parâmetros para o projeto de galerias pluviais.

A vazão de projeto, segundo Netto (1998), pode ser determinada através da equação 02:

$$Q_{proj} = \frac{Q}{coeficiente}$$

(Equação 02)

Onde:

Q : vazão inicial da galeria (m³/s)

coeficiente: coeficiente encontrado no ábaco.

As equações 03 e 04 respectivamente são utilizadas para o cálculo do raio hidráulico, de acordo com o mesmo autor:

$$R_H = \frac{D}{4}$$

(Equação 03)

Onde:

D : diâmetro (mm)

$$Rh_{real} = \frac{R_H}{coeficiente}$$

(Equação 04)

Onde:

R_H : raio hidráulico (m)

coeficiente: coeficiente encontrado no ábaco.

A equação 05 utilizada para o cálculo da velocidade real, como diz Netto (1998), é:

$$V_{real} = \frac{R_H^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}}{n}$$

(Equação 05)

Onde:

R_H : raio hidráulico real (m);

i: declividade longitudinal do trecho (m/m);

n: coeficiente de rugosidade.

Para dimensionar corretamente um sistema de drenagem é necessário um estudo hidrológico para se conhecer a vazão máxima de projeto, sendo que neste trabalho utilizou-se do método racional apresentado no tópico a seguir.

2.4 Método Racional

Alguns fatores são de extrema importância para caracterização de uma bacia e posterior análise e dimensionamento de um sistema de drenagem eficiente. Tucci (1995) discorre que o método racional é largamente utilizado para o cálculo da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (< 2km²). De acordo com SMDU/SP (2012), é o método mais difundido para determinação de vazões em pequenas bacias, via de regra com áreas menores que 3km². Os princípios básicos do método racional, segundo Tucci (1995), são:

- A duração da precipitação máxima de projeto é considerada igual ao tempo de concentração da bacia;
- Adota-se um coeficiente único de perdas, C, estimado levando-se em conta as características da bacia em estudo;
- Não se avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A equação 06 do método racional, segundo Tucci (1995), é a seguinte:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

(Equação 06)

Onde:

Q: vazão de chuva, obtida em m³/s;

C: coeficiente de escoamento superficial;

I: intensidade da precipitação, em mm/h;

A: área da bacia de contribuição, em km².

Segundo Tucci (1995), a grande aceitação do método racional para o dimensionamento da vazão de chuva se deve principalmente à simplicidade do método, além de apresentar resultados bastante satisfatórios, desde que para sua aplicação, sejam atendidas todas suas condições de validade.

SMDU/SP (2012) define que o conceito de bacia pequena é muito relativo e bastante variável, podendo a mesma bacia ser considerada pequena por um autor, e considerada média por outro. Sob o ponto de vista de drenagem urbana, interessa definir a bacia com base nas características hidrológicas. Segundo Tucci (1995), as seguintes propriedades descrevem uma bacia considerada pequena com relação às precipitações e a outras características de escoamento que influenciam as vazões de pico:

- A chuva pode ser considerada uniformemente distribuída ao longo do tempo e espaço;
- A duração da chuva normalmente excede o tempo de concentração da bacia;
- O escoamento superficial é devido, predominantemente, ao escoamento sobre superfícies (o chamado “overland flow”);
- O processo de amortecimento em canais é desprezível.

Em termos práticos, define Tucci (1995), considera-se como bacias pequenas aquelas com área inferior a 3km², ou que apresentem tempo de concentração menor do que uma hora. A hipótese central do método é que a duração da chuva é igual ao tempo de concentração da bacia, desprezando-se os efeitos de armazenamento, o que é razoável supor-se em pequenas bacias urbanas, uma vez que o pico ocorre no instante em que a chuva cessa depois de decorrido um tempo igual ao tempo de concentração.

Tucci (1995) ainda estabelece que a aplicação do método racional depende das seguintes informações:

- Planimetria da bacia para determinação de sua área. É importante destacar que nem sempre a área de uma bacia é determinada pelo seu divisor de águas, sendo comum a transposição de águas pluviais de bacias vizinhas por meio de tubos e galerias;
- Existência de uma relação intensidade-duração-frequência representativa do regime de chuvas intensas do local;
- Definição de um coeficiente de escoamento superficial representativo das condições futuras da bacia;
- Determinação do tempo de concentração, ou seja, do tempo de percurso da água desde o ponto mais distante da bacia hidrográfica, até o local de interesse. Após esse tempo, toda a área da bacia estará contribuindo para o escoamento, desde que a

duração da precipitação excedente seja ao menos igual ao tempo de concentração.

2.4.1 Coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente de Runoff)

Segundo Tucci (1995) o coeficiente de escoamento superficial utilizado no método racional é resultado das seguintes características: tipo de solo e sua cobertura, tipo de ocupação, tempo de retorno e também da intensidade da precipitação.

O quadro 01 mostra, de acordo com SMDU/SP (2012), os coeficientes de escoamento superficial por tipo de ocupação.

Quadro 01 - Coeficientes de escoamento superficial por tipo de ocupação

Ocupação do solo	C
EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,50
SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação	0,05 a 0,20

Fonte: SMDU/SP,(2012).

Tomaz (2013) diz que quando a bacia apresenta ocupação muito variável se torna necessário o cálculo de um coeficiente de Runoff médio, com base no percentual de superfícies diferentes presentes na bacia em estudo. Esse cálculo é feito usando a média ponderada, conforme a equação 07.

$$C_{\text{médio}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

(Equação 07)

Onde:

$C_{\text{médio}}$: coeficiente de escoamento superficial médio;

C_1, C_2, C_n : coeficientes de escoamento superficial das áreas A_1, A_2, A_n ;

A_1, A_2, A_n : áreas que possuem os coeficientes C_1, C_2, C_n .

2.4.2 Intensidade de precipitação

Segundo DAEE\CETESB (1980) A intensidade é a quantidade de precipitação que ocorre em uma unidade de tempo (normalmente mm/h), para uma chuva de uma dada frequência (tempo de retorno) e com duração igual ao tempo de concentração.

A intensidade máxima pontual pode, segundo Festi (2007), ser determinada através das relações entre intensidade-duração-frequência (IDF) das chuvas. Relações essas, obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longas e representativas do local do projeto. Uma forma comum de se expressar as relações de IDF, são expressões obtidas de ajustes de distribuição de frequência como equação geral 08:

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

(Equação 8)

Onde:

I_m : é a intensidade de precipitação, em mm/h;

Tr : é o período de retorno, em anos;

t : é o tempo de concentração da bacia, em min;

K, a, b, c : parâmetros empíricos que variam conforme o local

Segundo o Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2006), o programa Plúvio, permite a estimativa dos coeficientes K, a, b, c da equação de chuvas intensas para diversas localidades.

2.4.3 Período de retorno

O período de retorno é definido por Tucci (1995) como sendo o intervalo de tempo estimado para que um evento seja igualado ou ultrapassado. Está intimamente ligado ao risco de falha do projeto, portanto ao se decidir o período de retorno automaticamente decide-se o grau de proteção conferido a população.

As dificuldades em estabelecer objetivamente o período de retorno fazem com que a escolha recaia sobre valores aceitos pelo meio técnicos, o que nem sempre é o mais adequado. Entretanto, para segundo SMDU/SP (2012) os períodos de retorno mais baixos, de 2 a 10 anos, são destinados a obras de microdrenagem, pois, de modo geral, os danos decorrentes da falha destes sistemas são localizados e de pequena magnitude;

A SMDU/SP (2012) ainda diz que em qualquer situação em que possa ocorrer perda de vidas humanas, é recomendável adotar períodos de retorno de no mínimo 100 anos. O quadro 02 mostra um resumo das propostas para adoção de período de retorno.

Quadro 02 - Períodos de retorno propostos para projetos de drenagem urbana

Características do sistema	Tr (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Grandes corredores de tráfego e áreas vitais para a cidade	100
Áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, polícia, centros de controle de emergências, etc.	500
Quando há risco de perdas de vidas humanas	100 (mínimo)

Fonte: SMDU/SP, 2012.

2.4.4 Tempo de concentração

O tempo de concentração é representado pelo tempo gasto pela chuva para percorrer o caminho desde o divisor mais distante até chegar à seção considerada (exutório da bacia). Segundo Tucci (1995), em geral adota-se para a chuva crítica de uma pequena bacia hidrográfica, uma duração igual ao tempo de concentração da bacia.

O tempo de concentração, segundo SMDU/SP (2012), pode ser calculado pela fórmula de George Ribeiro, equação 09:

$$t_c = \left[\frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2 \times \rho) \times (100 \times D)^{0,04}} \right] + 10$$

(Equação 09)

Onde:

t_c : tempo de concentração da bacia, em min.;

L : comprimento do talvegue principal, em km;

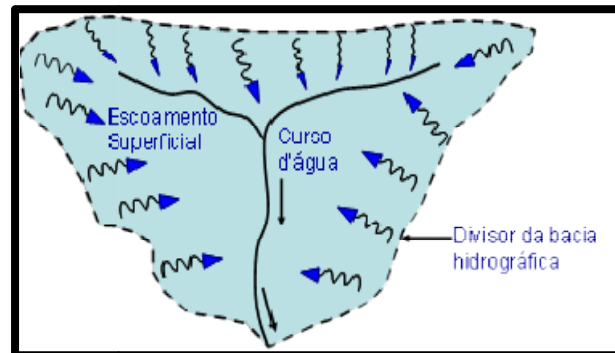
ρ : fração da área da bacia coberta com vegetação, adimensional;

D : declividade média do talvegue principal, em m/m.

2.4.5 Área de contribuição da bacia

Bacia hidrográfica é definida por Tucci (1997) como uma área de captação natural da chuva, que converge todo o escoamento para um único ponto de saída, chamado de exutório, conforme ilustrado na figura 04.

Figura 04 - Escoamento superficial de uma bacia



Fonte: Tucci, 1997.

A figura 04 demonstra o esquema de escoamento superficial em uma bacia, rumo ao exutório.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados no projeto foram obtidos através de inspeções da galeria do trecho específico da LMG-849 no Bairro Jardim Botânico I e II, diagnóstico da situação atual e a causa deste problema, também foram coletados dados junto à Prefeitura Municipal de Campos Gerais sobre levantamento topográfico, tipo de infraestrutura existente, tempo de uso, população do bairro, tipo de ocupação e o intervalo das manutenções neste sistema.

Os métodos para aplicação prática utilizou os seguintes softwares: AUTOCAD 2017 (cálculo de áreas e divisões de sub-bacias), Google Earth Pro 2018 (demarcações da área de estudo), Microsoft Excel 2010 (elaboração de tabelas com dados coletados no local) e Plúvio 2.1 (determinação da intensidade pluviométrica), além disto, fez-se uso das fórmulas existentes na literatura consultada.

3.3 Município de Campos Gerais

O município estudado tem uma extensão de 769,5 km² e contava com uma população de 27 600 habitantes, segundo o censo de 2010 do IBGE, que indica em 2018 uma população estimada de 28.703 habitantes, o quadro 03 mostra a seguir a evolução populacional.

Quadro 03 - Evolução demográfica.

Evolução Populacional			
Ano	Campos Gerais	Minas Gerais	Brasil
1991	23.946	15.743.152	146.825.475
1996	24.249	16.567.989	156.032.944
2000	26.541	17.891.494	169.799.170
2007	26.954	19.273.506	183.987.291
2010	27.600	19.597.330	190.755.799

Fonte: IBGE: Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010.

O quadro 03 apresenta o crescimento populacional deste município que tem com densidade demográfica de 35,9 habitantes por km².

O município estudado faz parte da região do lago de Furnas, tendo como municípios limítrofes Alfenas, Três Pontas, Boa Esperança, Paraguaçu, Campo do Meio, Santana da Vargem e Fama.

Os parâmetros empíricos da equação de chuva para o município, foram obtidos com o auxílio do software Plúvio 2.1 (UFV, 2006), conforme a figura 05 a seguir.

Figura 05: Parâmetros empíricos para o cálculo da intensidade de chuva

Parâmetros da Equação IDF			
K:	3830,386	a:	0,206
b:	20,705	c:	1,071

Fonte: PLÚVIO 2.1, 2006.

A figura 05 apresentou os parâmetros K , a , b , c para o cálculo da intensidade de precipitação no município de Campos Gerais.

3.4 Caracterização do local de estudo e da bacia de contribuição

O estudo de caso deste trabalho foi realizado no bairro Jardim Botânico, no município de Campos Gerais. Este bairro foi fundado em 08/08/1991 através da lei de Habitação Municipal nº 1552 /1991, que definia as diretrizes para doação dos lotes e a construção de casas populares. Este Bairro foi dividido em Jardim Botânico I, Jardim Botânico II e Jardim Botânico III, estas denominações se deram conforme eram concluídas as etapas do empreendimento popular e a figura 06 demonstra as subdivisões do bairro Jardim Botânico.

Figura 06 - Sub divisões do bairro Jardim Botânico

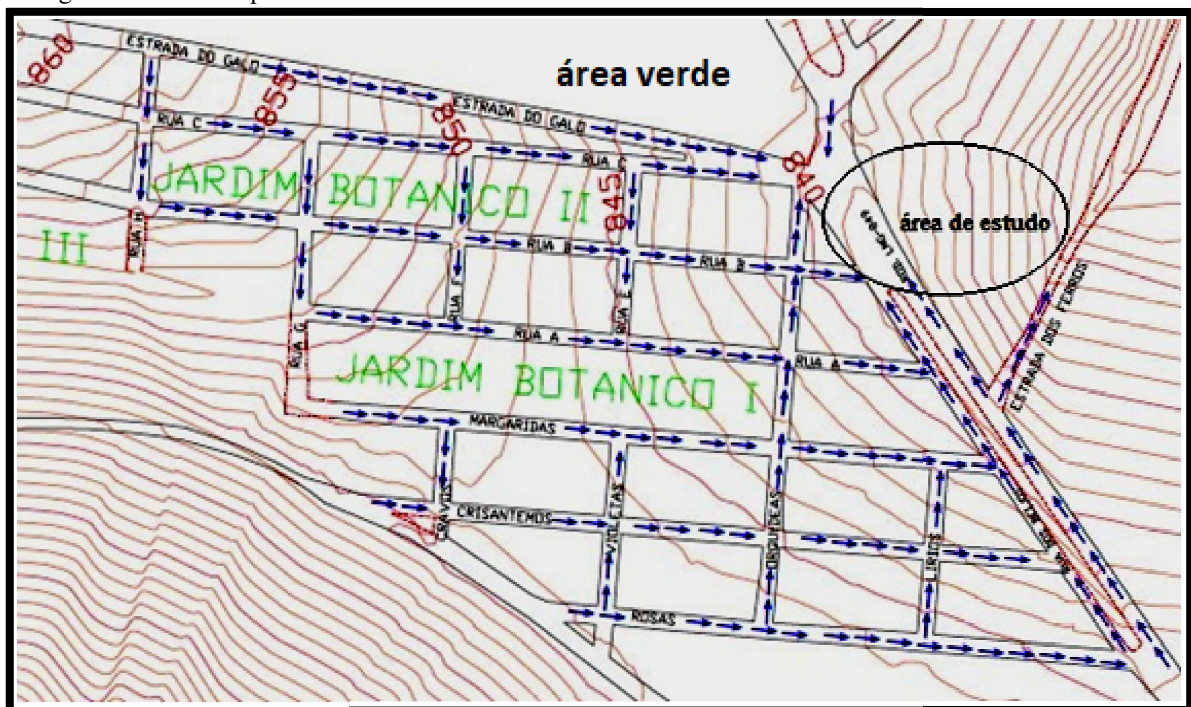


Fonte: Google Earth Pro (2018).

A figura 06 apresenta as subdivisões do bairro Jardim Botânico, e estão representados pelas cores verde e vermelha a área de abrangência do estudo no bairro Jardim Botânico I e II respectivamente, e segundo a prefeitura municipal, este trecho tem 300 residências.

A bacia de contribuição total do local de estudo possui uma área total de 123.540 m², ou seja, 0,12 km², sendo 59.667 m² de área urbanizada, composta essencialmente por residências térreas unifamiliares, 41.997 m² de área correspondente às vias públicas de pavimentação asfáltica e 21.876 m² de cobertura vegetal correspondendo às áreas não urbanizadas. Na figura 07, podem ser vistos o local de estudo com as cotas de nível, bem como a delimitação da bacia e o sentido de escoamento da água.

Figura 07 - Local específico de estudo no Jardim Botânico II



Fonte: O autor.

A figura 07 demonstra a demarcação do local de estudo com as cotas 859 m a jusante e 839 m a montante.

3.5 Caracterização do sistema de drenagem pluvial

O presente estudo realizou visitas in-loco para identificar os dispositivos de drenagem existentes no local, tais como sarjetas, meio-fio, bocas de lobos, galerias e poços de visita. Segundo o setor de engenharia do município a declividade das vias é de 3% e as larguras das sarjetas possuem uma média de 50 cm e com meio-fio de 16 cm de altura, conforme medição realizada em campo.

A bacia de contribuição que engloba o Jardim Botânico I e II contém 12 bocas de lobo, e com relação ao tipo são 5 com grelha sem depressão e 7 com depressão. O quadro 04 apresenta a relação das bocas de lobo, tipo, dimensões e pvs existentes.

Quadro 04 - Quantitativo de poços de visita e bocas de lobo

Trecho	Bocas de Lobo (unid.)	Dimensões de BL (m)	PV (unid.)
Rua dos Beijos	2	1,30x0,90	0
Rua dos Beijos	1	0,90x0,40	0
Rod. LMG -849	3	1,20x0,70	0
Rod. LMG -849	2	1,50x1,20	0
Estrada do Galo	2	1,30x0,90	0
Estrada do Galo	1	1,10x0,70	0
Estrada dos ferros	-	-	2

Fonte: o autor.

O quadro 04 e a ausência de poços de visita nos locais onde se encontram as bocas de lobo, sendo encontrado somente na rede mestra da estrada dos ferros que recebe a água pluvial do bairro e encaminha para o Ribeirão do Cervo. Segundo o setor de engenharia do município e verificado in-loco no quadro 05 estão identificadas os trechos de galerias.

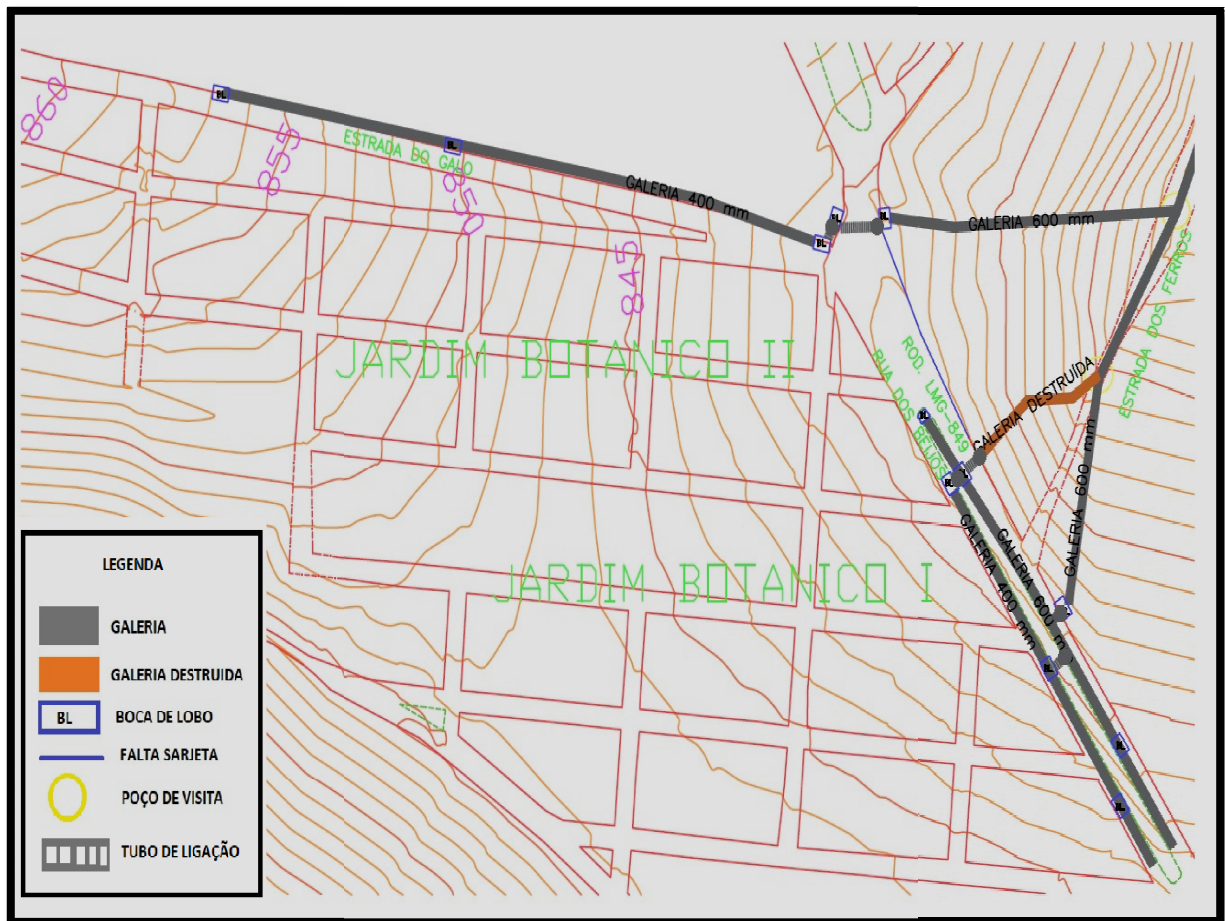
Quadro 05 - Trechos com galeria

Rua	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Declividade (m/m)
Rua dos Beijos	400	200	0,041
Rod. LMG -849	600	210	0,131
Estrada do galo	400	365	0,074
Est. do Galo-LMG849	600	120	0,075
LMG 849 -Est. dos ferros	600	95	0,059
Galeria destruída-LMG-849	600	70	0,043

Fonte: o autor.

O quadro 05 apresenta a relação das galerias existentes nos bairros Jardim Botânico I e II, e suas dimensões, sendo que para o trecho destruído será considerada a medida antes existente no cálculos e para verificar sua participação na bacia de contribuição e a figura 08 apresenta um croqui com as galerias, bocas de lobo e poços de visita.

Figura 08 - Croqui de locação das galerias, bocas de lobo e poços de visita



Fonte: AUTOCAD (2017).

A figura 08 apresenta ainda a falta de sarjeta que se encontra obstruída e a galeria que foi destruída na LMG-849, o que será tratado a seguir na caracterização do problema.

3.6 Caracterização do problema

A área específica de estudo está localizada no bairro Jardim Botânico II, no trecho final da rede de drenagem pluvial existente no início da rodovia LMG-849 sentido a Campo do Meio-MG. Este trecho recebe a água pluvial proveniente dos bairros jardim botânico I e II, chegando a romper a galeria que recebia a água da LMG-849 que era ligada à galeria da estrada dos Ferros que deságua no Ribeirão do Cervo, deixando uma erosão no local conforme apresenta a figura 09.

Figura 09 - Local de rompimento da galeria no Jardim Botânico II



Fonte: o autor

A figura 09 apresenta os danos causados em um terreno particular na zona rural denominada Ferros.

O acúmulo de resíduos sólidos nas bocas de lobo da Estrada do galo e da LMG - 849 e nas galerias da LMG-849 foi outro problema detectado na área estudada, conforme a figura 10 a seguir.

Figura 10 - Acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem pluvial



Fonte: o autor.

A figura 10 demonstra o sistema de drenagem obstruído por resíduos sólidos e sedimentos e segundo a prefeitura a manutenção das bocas de lobo e galerias são realizadas na ocorrência do problema. A falta de limpeza na LMG-849 também foi observada, pois neste trecho foi encontrado entulho, vegetação e a obstrução da sarjeta, como pode ser visto na figura 11.

Figura 11 - falta de limpeza da margem direita da LMG-849



Fonte: O autor

A figura 11 demonstra a drenagem obstruída e com sentido de fluxo da água seguindo para o local aumentam os perigos aos usuários da via conforme figura 12 apresenta o trecho da LMG-849.

Figura 12 - alagamento margem direita da LMG-849



Fonte: o autor

A figura 13 finalizou a identificação das patologias existentes no local de estudo demonstrando o baixo investimento em drenagem pluvial no bairro, porém com visitas ao local de estudo no período chuvoso foi possível verificar o bom funcionamento do sistema nos demais trechos do bairro Jardim Botânico I e II, o que significa que o sistema está drenando bem a região apesar da falta de manutenção.

Uma vez registradas as informações do bairro, caracterizada a topografia e os dados hidrológicos, foi realizada a análise hidrológica e a partir daí foi indicada a possível solução para correção das patologias encontradas no trecho específico o qual será apresentado nos resultados a seguir.

4 RESULTADOS

4.1 Análise hidrológica

Para a análise hidrológica da bacia de contribuição utilizou-se o Método Racional, inicialmente com Coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente de Runoff) fez-se a delimitação da bacia de contribuição e levantadas todas as suas áreas, foi atribuído a cada uma delas um coeficiente de escoamento superficial condizente com seu tipo de ocupação, conforme quadro 06 e foi calculado o coeficiente de escoamento superficial médio conforme equação 07 respectivamente.

Quadro 06 - Áreas levantadas e respectivos coeficientes de Runoff

Tipo de ocupação	Area (m ²)	C
Vias públicas	41.997,00	0,83
Residencial	59.667,00	0,50
Area verde	21.876,00	0,20
Area total	123.540	

Fonte: o autor.

$$C_{\text{médio}} = \frac{41.997 \times 0,83 + 59.667 \times 0,50 + 21.876 \times 0,20}{41.997 + 59.667 + 21.876} = 0,56$$

Para o tempo de concentração, inicialmente foi calculada a declividade média em função do maior percurso em linha reta:

$$I_m = \frac{859 - 839}{311,35} = 0,064 \text{ m/m}$$

Uma vez obtidos todos as variáveis necessárias, foi calculado o tempo de concentração para bacia pela equação de George Ribeiro, segundo a equação 09.

$$t_c = \left[\frac{16 \times 0,311}{(1,05 - 0,2 \times 0,177) \cdot (100 \times 0,064)^{0,04}} \right] + 10 = 14,55 \text{ min}$$

A bacia apresenta ocupação principalmente residencial e foi estabelecido um período de retorno igual a 10 anos, visto que qualquer possível falha no sistema poderia trazer um prejuízo considerável ao meio ambiente e através de dados obtidos pelo Pluvio 2.1 (UFV, 2006) e aplicando na equação 08 se torna possível definir a intensidade de chuva.

$$I_m = \frac{3.830,386 \times 10^{0,175}}{(14,55 + 20,705)^{1,071}} = 126,23 \text{ mm/h}$$

Após ter obtido o coeficiente de escoamento superficial médio e a intensidade pluviométrica é possível determinar a vazão total da bacia em estudo aplicando a equação 06 :

$$Q = 0,278 \times 0,56 \times 126,23 \times 0,12354 = 2,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

Uma vez obtidas a vazão de chuva da bacia de drenagem, foi feito o cálculo da capacidade de escoamento das galerias pluviais já existentes, considerando as condições de topografia do local, e uma relação y/d igual 0,80, considerando que a galeria trabalhe com uma área livre de 20%. Através disso, encontrou-se no ábaco da figura 3, um coeficiente de 0,9747 e 1,20 para correção da vazão e do raio hidráulico, respectivamente, correspondentes a altura de lâmina d'água escolhida. O coeficiente de rugosidade de Manning foi considerado igual a 0,016, uma vez que se trata de uma estrutura já existente, levou-se em conta a possibilidade de sedimentação de materiais no fundo das galerias. Levando em consideração as informações do quadro 5 sobre a rua dos Beijos, cuja galeria possui diâmetro igual a 400 mm, foi obtido um desnível de 8,13 m ao longo de 200,00 m de comprimento, o que resulta numa declividade de 0,041m/m para o último trecho, e utilizando a equação 01 foi calculada a vazão máxima possível de ser transportada nesse trecho.

$$\frac{Q}{0,97747} = \frac{0,110 \times 0,12^{\frac{2}{3}} \times 0,041^{0,5}}{0,016} = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

Refazendo o processo para os demais trechos temos os resultados apresentados no quadro 07 a seguir.

Quadro 07 - Área molhada, vazão, velocidade dos trechos das galerias

Trecho	Área molhada (m)	Q = vazão (m³/s)	velocidade (m/s)
Rua dos Beijos	0,11	0,33	3,11
Rod. LMG -849	0,24	1,76	7,28
Estrada do galo	0,11	0,47	4,17
Est. do Galo-LMG849	0,24	1,34	5,51
LMG 849 -Est. dos ferros	0,24	1,18	4,88
Galeria destruída-LMG-849	0,24	1,01	4,17

Fonte: o autor

Através dos cálculos realizados e dos levantamentos no local, foi obtido uma vazão total da bacia de 2,43 m³/s. Ao compará-la a vazão máxima calculada para os trechos já identificados no quadro 02, fica evidente que as galerias foram mal dimensionadas, o que culminou com a patologia na galeria identificada como destruída que recebe água de outras galerias e tem uma capacidade de vazão de 1,01 m³/s.

No caso de obras de drenagem pluvial não existem normas que regulamentem os projetos, pois vai do bom senso do engenheiro avaliar através de comparação da situação ideal com a situação existente. A partir disto é possível comprovar causas, avaliando as

soluções possíveis para os problemas, visando sempre a aproximação da situação ideal, como pode ser observado no indicativo de solução.

5 INDICATIVO DE SOLUÇÃO

O presente estudo evidenciou que o problema de drenagem no bairro Jardim Botânico ocorreu devido a falta de manutenção e limpeza de forma preventiva das bocas de lobo, sarjetas, galerias e o mal dimensionamento do sistema de galerias pluviais, que deveriam ser capazes de transportar vazões maiores do que as quais foram projetadas. Diante deste quadro podem ser tomadas algumas providências para sanar os problemas evidenciados, tais como:

1. Substituição das galerias existentes por outras adequadas a vazão a ser transportada, com a mesma relação y/d igual a 0,80 utilizada anteriormente, o quadro 08 apresenta os diâmetros substitutos para estas galerias.

Quadro 08 - Novo diâmetro, área molhada, vazão, velocidade dos trechos das galerias

Trecho	D (m)	Área molhada (m)	Q = vazão (m ³ /s)	velocidade (m/s)
Rua dos Beijos	1	0,67	3,86	5,72
Rod. LMG -849	1	0,67	6,89	10,23
Estrada do galo	1	0,67	5,18	7,69
Est. do Galo-LMG849	1	0,67	5,21	7,74
LMG 849 –Est. dos ferros	1,5	1,52	13,64	9,00
Galeria destruída-LMG-849	1,5	1,52	11,64	7,68

Fonte: o autor

O quadro 08 apresentou os novos diâmetros para as galerias existentes sendo que para os 04 trechos iniciais deste quadro foi calculado uma galeria de 1.000 mm e para os pontos que escoam destas, inclusive o trecho estudado a galeria seria de 1.500 mm.

2. Como observado à dificuldade financeira ou o descaso de anos de administração pública, revelaram o baixo investimento em drenagem de águas pluviais no trecho estudado, esta solução não seria economicamente viável, uma vez que os gastos para a substituição das galerias seriam consideravelmente mais altos do que a implantação de um novo trecho. O dimensionamento de um novo trecho de galerias para transportar a vazão excedente impossível de ser transportada pelas galerias já existentes pode ser

feito através da realização de uma avaliação trecho a trecho da totalidade da bacia, sendo possível, portanto, identificar o melhor local para a implantação da nova galeria.

3. Realizar a manutenção e a limpeza do sistema de drenagem pluvial de forma preventiva ajuda a amenizar o problema de alagamento da via, e melhora o escoamento superficial e subterrâneo das águas pluviais.

6 CONCLUSÃO

A análise do local e a revisão bibliográfica subsidiam a importância de um sistema de microdrenagem eficiente, já que os impactos ultrapassam os limites do local onde este está implantado. O alto custo destes sistemas aliado a falta de interesse do poder público culmina em cenas cotidianas dos períodos chuvosos, onde além da degradação ambiental existe a perda de bens e vidas.

É possível destacar também que o bom planejamento do sistema de drenagem urbana implica em diversas vantagens, mas a principal refere-se à obtenção de menores custos e melhores resultados, simultaneamente. Além disso, quando bem projetado, o sistema de drenagem proporciona benefícios indiretos, visto que a área urbana se desenvolve de maneira ordenada, a salvo de inundações e de prejuízos ao tráfego de veículos e pessoas.

Cabe ressaltar que em locais nos quais a urbanização é antiga, ocorre o aumento do escoamento superficial decorrente da crescente impermeabilização do solo, fazendo com que as galerias sejam insuficientes para a condução das águas pluviais. Nesse caso o excesso de escoamento superficial permanece nas ruas causando prejuízos e incômodos à população, até o momento em que se torna necessário a intervenção técnica. Justamente por isso devem ser estabelecidos coeficientes de escoamento superficial condizentes com a ocupação considerando-se a projeção futura.

Além do planejamento, o bom desempenho de um sistema de drenagem depende essencialmente da execução cuidadosa das obras, e da manutenção periódica, efetuando-se a limpeza e desobstrução das sarjetas, bocas de lobo e galerias, garantindo assim que funcionem da maneira que foram projetados.

***PATHOLOGIES IN THE PLUVIAL DRAINAGE SYSTEM IN THE
BOTANICAL GARDEN NEIGHBORHOOD IN CAMPOS GERAIS – MG***

ABSTRACT

This work presents an analysis of the existing microdrainage system in the Botanical Garden neighborhood in the city of Campos Gerais - MG, with a focus on stormwater galleries and the conservation of the existing system. It is a study about the importance of a microdrainage system, its components and how the stormwater galleries are sized. The development took place by bibliographical research, hydrological data collection for basin characterization, data collection with the municipality and field visits. Once the project flow rates of the site contribution basins were calculated, it was compared to the runoff capacity of existing stormwater galleries. The results showed that the design flows of both galleries are larger than they are capable of carrying, which leads to the conclusion that they were not correctly dimensioned and it was evidenced that the rupture and one of the stretches of the galleries and the erosion of the soil in the study site was for this reason, and in the end this research intends to propose possible solutions to the problem.

Keywords: *Microdrainage; Planning; stormwater galleries.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição, Editora Edgard Blücher, 1998, São Paulo- SP.

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

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> Acesso em: 05 de Maio de 2018.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. IBGE 2010. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.

BRASIL. IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010**. IBGE 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 05 de Maio de 2018.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): Série Histórica**. Ministério das Cidades 2017. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.

DAEE/CETESB, **Drenagem Urbana: Manual de projeto**. 2. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB,1980.

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

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea das Equações de Chuva do Brasil**. 2007. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/5f36bd94694ae874fc6bd18a0da88301_721561eb3298e404da02b7f6217dd3e0.pdf> Acesso em 20 de Maio de 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MEDEIROS FILHO, C. F.. **Notas de aula de Saneamento básico e Engenharia Sanitária**. Universidade Federal de Campina Grande. 2009. Campina Grande - PB. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Drenagem.html?submit=%CDndice+Drenagem>> Acesso em 17 de Maio de 2018.

MENEZES FILHO, Frederico et al.. **Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: uma Abordagem Alternativa**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil 4.1. 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/article/view/18162/11292> >. Acesso em 19 de Maio de 2018.

MINAS GERAIS. FJP. **Sistema Estadual de Informações sobre Saneamento (Seis): diagnóstico dos serviços de manejo de resíduos sólidos e drenagem pluvial em Minas Gerais**

2011. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2014. 69p. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/seis/498-periodico-seis-1-outubro-site-15-10-2014/file>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.

NAKAMURA, Juliana. **Infra estrutura urbana: Saneamento**. 8. Ed. Pini, 2011. Disponível <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/8/2-bocas-de-lobo-como-planejar-o-posicionamento-das-239376-1.aspx>> Acesso em 20 de Maio de 2018.

SOUZA, Rômulo. **Palestra: O Solo e suas funções**. Instituto Federal de Pernambuco, 2015. Disponível <<https://pt.slideshare.net/RomuloViniciusTioRominho/aula-01-solosfunes>> Acesso em 20 de Maio de 2018.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos Tecnológicos: fundamentos**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo - SP. 2012. v. 2. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v2.pdf> Acesso em: 17 de Maio de 2018.

TOMAZ, Plinio. **Curso de Manejo de águas pluviais** - Livros digitais. Ministrado em 2013. Disponível em <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>> Acesso em: 19 de Maio de 2018.

TUCCI, Carlos E. M.. **Águas urbanas: estudos avançados**. São Paulo: ISSN 1806-9592, jan. 2008. v. 22, n. 63, p. 97-112. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: 05 de Maio de 2018.

TUCCI, C. E. M. et al. **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS /ABHR, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. **.Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH, 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos. **Softwares - Plúvio**. Viçosa, 2006. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>> Acesso em 20 de Maio de 2018.

FAU-USP, **Microdrenagem urbana**: aula AUT 0192 Infraestrutura Urbana e Meio Ambiente 2015 São Paulo: Departamento de Tecnologia da Arquitetura Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade de São Paulo, 2015 Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à primeiramente a Deus pelas bênçãos recebidas, agradeço a minha família, sobretudo à minha mãe que mesmo doente me deu apoio e depois do seu falecimento continua cuidando de mim, agradeço à minha namorada Ana Paula de Sousa por ter me acompanhado, dedicado e ajudado quando me faltou forças, ao Ex- Prefeito Dr. Maurício Rabelo e à equipe de planejamento da Prefeitura de Campos Gerais pelo incentivo, aos colegas por dividirem sua sabedoria comigo, ao orientador deste trabalho e á todos os coordenadores do curso, professores e funcionários do Centro Universitário do Sul de Minas – (UNIS/MG), pela compreensão e pelo amor ao que fazem, enfim a todos que participaram direta ou indiretamente para realização deste sonho e que por algum lapso não foram citados deixo meu agradecimento e pedido de bênçãos em vossas vidas.

Campos Gerais 23 de Outubro de 2018.