

IX-034 - AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE SISTEMAS DE MICRODRENAGEM URBANA: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE RIO PARANAÍBA

Mariana Milla A. de Araújo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba.

Lineker Max Goulart Coelho

Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba. Mestre em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Ecole des Ponts Paristech, Paris, França

Endereço⁽¹⁾: Avenida Orlando Barbosa, 2011 – Santa Terezinha - Patrocínio - MG - CEP: 38740-000 - Brasil
- Tel: (34) 88293591 - e-mail: mariana.milla@ufv.br

RESUMO

O crescimento acelerado e desorganizado do município de Rio Paranaíba (MG) acarretou um aumento expressivo das áreas impermeabilizadas sem a devida expansão do sistema de drenagem o que culminou com o aumento dos registros de alagamentos e dificuldade de locomoção de pedestres durante eventos pluviométricos. Esse trabalho teve como objetivo identificar as causas do problema a partir do levantamento e estudos de dados obtidos em campo, como fotografias de elementos de drenagem e as medições destes, para posterior análise de dimensionamento. Com esse estudo foi comprovada a hipótese de que as sarjetas e boca de lobo estão subdimensionadas. Constatou-se também que os elementos de drenagem danificados, juntamente com a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, intensificam o problema de ineficiência da rede de drenagem. Como soluções mitigadoras sugere-se a adoção de medidas não-estruturais, de ordem social, como por exemplo a conscientização dos cidadãos da destinação correta dos resíduos sólidos, para evitar a obstrução dos elementos de drenagem. Além disso, recomenda-se a implantação de um novo sistema de microdrenagem, como sarjetas com maior capacidade e a construção de bocas de lobo e redes coletoras. Ressalta-se também a importância de criação de um plano de manutenção e limpeza dos elementos de drenagem já existentes e um maior controle do crescimento da cidade por meio de plano diretor, evitando o excesso de áreas impermeabilizadas e prevendo estruturas de drenagem compatíveis com a expansão da área urbanizada.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, Sarjetas, Bocas de lobo.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e principalmente desorganizado da população urbana brasileira impactou diretamente na frequência das inundações. A impermeabilização do solo e consequentemente diminuição das áreas vegetadas aliada à falta de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDU), fizeram com que inundações e alagamentos sejam um fato constante nas cidades do Brasil. (TUCCI, 2008)

Em países desenvolvidos, os problemas referentes aos aspectos da água foram na sua grande parte resolvidos, já que na política de implementação foram levadas em consideração as medidas não estruturais e estruturais de maneira eficiente. Nos países em desenvolvimento, a realidade é diferente, pois até o século XX o saneamento básico praticamente era inexistente. (TUCCI, 2005)

Dentre as principais causas do problema de drenagem urbana podemos citar as de origem não hidrológicas e as hidrológicas. No caso do Brasil, as questões de ordem não hidrológicas são de suma importância, visto que, a ocupação indevida do solo, a falta de uma política administrativa eficiente e a deficiência na educação dos brasileiros são condicionantes para um sistema ineficiente. A não disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos é também causa relevante a má eficiência das redes de drenagem, pois entope bocas de lobo e galerias. (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009)

As principais causas de origem hidrológica referentes ao nosso estudo são a redução da infiltração da água no solo, consequentemente aumento do escoamento superficial e aumento das vazões. Estes fatos podem ocasionar alagamentos, enchentes, desastres e doenças, sendo necessárias medidas extremas para contê-los. Os

alagamentos, além de atrapalhar o deslocamento de pessoas e animais, é também um fator de risco devido à existência das doenças de veiculação hídrica. (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009)

Portanto, a drenagem urbana busca minimizar o escoamento excessivo de água e assim diminuir os problemas a esse relacionados. A drenagem urbana ainda está em processo de evolução, visto que sua importância no passado sempre foi renegada, porém, atualmente com a quantidade de problemas ocorridos, passou a ser considerada razoavelmente. (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009)

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo, mostrar a importância de realização do planejamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais em locais de rápido adensamento urbano por meio de um estudo de caso do sistema de microdrenagem de águas pluviais de uma área central do município de Rio Paranaíba – MG, que tem apresentado recorrentes casos de alagamentos durante eventos chuvosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Serão apresentados os procedimentos realizados para a configuração dos resultados, basicamente com as seguintes etapas: diagnóstico da área de estudo, seleção das quadras a serem estudadas, pesquisa de campo, levantamento hidroológico e estudo hidráulico.

A área de estudo explorada neste trabalho encontra-se na cidade de Rio Paranaíba em Minas Gerais. O município de Rio Paranaíba localiza-se a 331 km da capital mineira Belo Horizonte e a 532 km de Brasília, encontra-se na latitude -19,25 e na longitude -46,51 na região do Alto Paranaíba. Segundo o IBGE (2010), a área estimada da cidade de Rio Paranaíba é de 1352, 353 km² e sua população é de aproximadamente 11885 habitantes. Em 2007 com o advento do campus da Universidade Federal de Viçosa nesta cidade, ocorreu um grande crescimento populacional devido à entrada de estudantes no município e consequentemente crescimento da cidade de Rio Paranaíba sem uma expansão do sistema de drenagem de águas pluviais.

PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi realizada por meio de um levantamento fotográfico e por meio de algumas aferições de sarjetas, meio-fio e largura de vias. O principal critério de escolha da região trabalhada foi à ocorrência de alagamentos e elementos de drenagem visualmente danificados (sarjetas, bocas de lobo e poços de visita). Foi feito o registro desses elementos para uma posterior análise e uma possível sugestão para o problema encontrado.

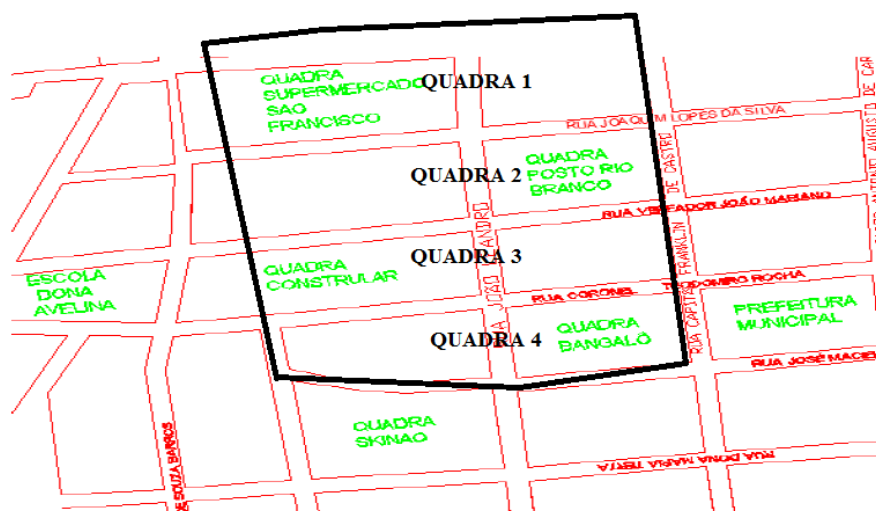


Figura 1: Quadras contempladas no estudo.

Foram feitas medições onde levantou-se três pontos por quadra, nas sarjetas, ao longo da Rua João Leandro, no centro. Essas medições foram feitas nessa região por serem frequentemente pontos de alagamento e a fim de comparação com outros bairros compreendendo 4 quadras denominadas 1, 2, 3 e 4. A Figura 1 mostra um mapa com as quadras contempladas pelo estudo. Além das medições, elementos de drenagem visualmente danificados (sarjetas, bocas de lobo e poços de visita) foram catalogados para uma posterior análise e uma possível sugestão para o problema encontrado. As áreas de contribuição das sarjetas foram determinadas considerando a influência da topografia na direção de escoamento das águas bem como a presença de bocas de lobo.

ESTUDO HIDROLÓGICO

Inicialmente para o cálculo da intensidade média de precipitação foi utilizada a equação 1, sendo necessário determinar os parâmetros k , a , b e c obtidos através do software Plúvio 2.1 a partir da cidade de estudo.

$$i = \frac{KT^a}{(tc + b)^c} \quad \text{equação (1)}$$

Para os parâmetros período de retorno (T) e tempo de concentração (tc) adotaram-se valores conforme literatura pertinente, sendo que para a drenagem urbana o valor recomendado por Azevedo Netto (1998) para tc é de 5 min. Para o período de retorno T , adotou-se 5 anos, valor recomendado pelo DAEE/CETESB (1980) para estudos hidrológicos de microdrenagem em áreas urbanas de uso comercial. A partir do software Plúvio 2.1, os parâmetros obtidos foram: $a = 0,175$, $b = 15,594$, $c = 0,765$ e $K = 1472,679$. Não foi feita a avaliação temporal, considerando o tempo de percurso tendo em vista que trata-se de um diagnóstico preliminar da área.

O cálculo da vazão da chuva, foi feito pelo Método Racional, através da equação 2 tendo em vista que a região em estudo apresenta área inferior a 3 km², limite de aplicabilidade deste método, segundo Tomaz (2013). O valor adotado para o coeficiente de escoamento superficial foi de 0,7, de acordo com ASCE (1969).

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad \text{equação (2)}$$

Sendo:

Q : vazão de pico (m³/s);

C : coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I : intensidade de precipitação (mm/h);

A : área da bacia de contribuição (ha).

Para o coeficiente de escoamento superficial, adotou-se o valor de 0,7, de acordo com ASCE (1969).

ESTUDO HIDRÁULICO

Para iniciar o estudo hidráulico, com a finalidade de encontrar a capacidade de escoamento das sarjetas e posteriormente compará-la com a real capacidade de vazão dessas, será necessário encontrar alguns parâmetros previamente.

Primeiramente, foi-se necessário encontrar a declividade transversal da via por meio da aproximação de um triângulo. A declividade transversal foi calculada a partir das médias das medidas de largura da via e altura de meio-fio obtido em campo. Considerando a largura da via dividida por dois e a altura de meio-fio, foi possível encontrar a declividade transversal.

Para calcular a capacidade das sarjetas, e assim verificar o dimensionamento das sarjetas, é necessário saber a declividade longitudinal das vias. A declividade longitudinal foi determinada a partir das curvas de nível obtidas pela COPASA e pelo comprimento de cada quadra. A partir da diferença de nível e do comprimento da quadra, foi possível encontrar esta declividade.

Com a finalidade de encontrar a capacidade das sarjetas, foi necessário calcular o raio hidráulico. Na cidade de Rio Paranaíba, a maioria das sarjetas é plana, logo foi aproximada a seção da sarjeta para um retângulo regular. Foi adotado o valor de 5 cm para a altura de lâmina d'água, valor aproximado com base em observações, para o desnível entre o asfalto da via e a porção da sarjeta.

Para encontrar a capacidade das sarjetas, foi utilizada a equação 3 e adotado o valor de 0,015 para o coeficiente de Manning, considerando concreto rugoso com pavimento de asfalto, conforme Tucci et al. (2005). Para efeito de comparação, a vazão das sarjetas foi calculada considerando um o fator de redução, visto que existe a possibilidade de deposição de sedimentos em sarjetas de pequena declividade. O fator de redução adotado a foi de 0,50. A declividade de 0,4% foi um valor aproximado tendo por base as sarjetas planas da região estudada.

$$Q = \frac{A.Rh^{2/3}\sqrt{I}}{n} \quad \text{equação (3)}$$

Sendo:

Q: vazão (m³/s);

A: área da seção transversal (m²);

Rh: raio hidráulico (m);

I: declividade longitudinal da via (m/m);

n: coeficiente de rugosidade de Manning.

Na quadra 2 há uma boca de lobo do tipo combinada, composta de 5 bocas de lobo com grelha de concreto. A partir das equações 4 e 5, foi possível calcular a capacidade de vazão dessa boca de lobo através do cálculo do perímetro, obtido através das dimensões da boca de lobo, e da altura de lâmina d'água de 5 cm.

$$Q = 1,7Ly^{3/2} \quad \text{equação (4)}$$

$$Q = 1,7Py^{3/2} \quad \text{equação (5)}$$

Sendo:

Q: vazão (m³/s);

y: altura da lâmina d'água (m);

L: comprimento da soleira (m);

P: perímetro (m).

Como se tratava de uma boca de lobo combinada, foi necessário encontrar o valor de cada vazão correspondente ao tipo de boca de lobo, no caso, dos tipos guia e grelha. Foi utilizada a equação 3, pois refere-se a boca de lobo simples, com altura de lâmina d'água menor do que a abertura da guia, e a equação 4, para boca de lobo com grelha, com altura de lâmina d'água menor que 12 cm. Após isso, multiplicou-se a vazão encontrada pela quantidade de boca de lobo de guia e de grelha, e finalmente, somam-se essas vazões.

Foi utilizado o fator de redução da vazão da boca de lobo, a partir do tipo de boca de lobo e sua utilização. O fator de redução utilizado para as bocas de lobo com grelha foi de 50% sobre o valor teórico, já que esta se encontra em um ponto baixo na sarjeta. O fator de redução utilizado para a boca de lobo com guia foi de 80%.

Para analisar se as sarjetas se encontram subdimensionadas foi necessário o comparativo da vazão destas sarjetas com a vazão de chuva. Após isso, para a análise do quanto à enxurrada invadia a via, foi feito o cálculo de Ts, largura de escoamento na via, considerando uma sarjeta com seção composta compreendendo a parcela escoada na sarjeta e a parcela escoada na via. Primeiramente foi feito o cálculo de Qs, vazão escoada na via, a partir da equação 6, adotando um valor para Ts e a partir da declividade transversal da via (Sx). Para o cálculo da eficiência (Eo), foi adotado o valor de 0,4% para Sw, já que as sarjetas na região estudada são quase planas. Finalmente, foi possível determinar a vazão total Q, através da equação 7. O processo é iterativo e termina quando a vazão Q, determinada pela equação 7, se iguala a vazão da chuva.

$$Q = \left(\frac{0,376}{n} \right) S_x^{5/3} S_0^{1/2} T^{8/3} \quad \text{equação (6)}$$

$$Q = \left(\frac{Q_s}{(1 - E_0)} \right) \quad \text{equação (7)}$$

Sendo:

So: declividade longitudinal da via e sarjeta (m/m);

T: largura de escoamento da água (m).

Eo: eficiência de engolimento (Qw/Q);

Sw: declividade transversal da sarjeta (m/m);

Sx: declividade transversal da via (m/m);

Qs: vazão na via (m³/s);

Q: vazão total (via+sarjeta) (m³/s).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são mostrados os resultados obtidos na pesquisa bem como a discussão destes.

RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Levando-se em conta o levantamento de campo fotográfico dos elementos de drenagem comprometidos e do cálculo das vazões obtidos a partir das medições dos elementos de drenagem. Primeiramente será mostrado o levantamento fotográfico e sua análise.

A Figura 2 mostra um problema comum em Rio Paranaíba, o recapeamento dos poços de visita. Essa irregularidade impossibilita o acesso ao poço de visita para possíveis manutenções. A falta de acompanhamento de um profissional adequado nas tarefas de recapeamento e a falta de inspeção da Prefeitura fez com que o problema se tornasse comum.



Figura 2: Poço de visita recapeado.

A Figura 3 mostra a deficiência de uma via sem sarjeta. A falta de sarjeta ocasiona alagamentos e erosões no pavimento, podendo ainda provocar aquaplanagem de veículos, espirro de água e dificuldade de locomoção de pedestres. Outro problema comum é a presença de sarjetas com baixa declividade. Sarjetas com baixa declividade e largura pequena apresentam menor capacidade de escoamento da água.



Figura 3: Erosão devido à falta de sarjeta.

As Figuras 4 e 5 mostram exemplos de bocas de lobo entupidas no município, esse problema afeta a rede de drenagem já que diminui a capacidade de vazão das bocas de lobo. Segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), a presença de resíduos sólidos em bocas de lobo resulta quase sempre na formação de alagamentos. A não disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos faz com que esses sedimentos sejam levados para a rede, entupindo-a. Esse problema pode causar inconvenientes como enxurradas, espirros de água, dificuldade de locomoção e aquaplanagem de veículos. A falta de manutenção intensifica o problema.



Figura 4: Boca de lobo com sedimentos.



Figura 5: Boca de lobo entupida.

No município de Rio Paranaíba, alagamentos ocorrem com frequência. O aumento da impermeabilização, causada principalmente pelo crescimento acelerado e desorganizado da cidade, e a falta de um sistema de drenagem eficiente colaboraram com o problema. O aumento de áreas impermeabilizadas é responsável pela diminuição do tempo de concentração, o que sobrecarrega muitas das vezes a microdrenagem, que normalmente foi dimensionada com um período de retorno pequeno, tendo uma eficiência comprometida. Pode acarretar a aquaplanagem de veículos, maus cheiros, dificultar o deslocamento de pedestres e ainda causar a proliferação de doenças. A Figura 6 apresenta uma foto de uma das ruas em estudo durante evento chuvoso, em que vê-se o avanço da lâmina d'água sobre quase toda a pista.

Segundo Lima et al. (2005), uma rede quando bem executada proporciona a diminuição de áreas inundadas, de gastos com manutenção de vias, segurança ao tráfego de pedestres e veículos, rápido escoamento das águas superficiais, possível aproveitamento das águas pluviais, redução de doenças, entre outros.

Mudanças de ordem administrativa e de ordem social, como por exemplo, instruir a população a respeito da destinação correta dos resíduos sólidos são requisitos imprescindíveis para o funcionamento adequado da rede de drenagem, e evitar assim possíveis alagamentos. É necessário também que se controle o crescimento desorganizado da cidade, evitando o excesso de áreas impermeabilizadas e os problemas inerentes a ela.



Figura 6: Alagamento no cruzamento das Ruas João Leandro e Tristão Furtado.

RESULTADOS DO ESTUDO HIDROLOGICO E HIDRÁULICO

A segunda parte desta seção apresenta os resultados obtidos para as vazões de chuva, calculada pelo Método Racional, e também a capacidade de vazão das sarjetas para posterior análise de dimensionamento. A Tabela 1 mostra, que para cada quadra foram feitas três medições de largura de sarjeta, altura de meio-fio e largura de via. Como estas medições não se apresentavam constante fez-se a média destes valores encontrados. É importante ressaltar que em todas as quadras de estudo, apresentam-se com sarjetas somente de um lado da via.

Tabela 1: Medições dos elementos de drenagem da Rua João Leandro.

Quadra 1				
	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média
Altura meio-fio (cm)	10,0	15,0	16,0	13,6
Largura sarjeta (cm)	50,0	60,0	80,0	63,3
Largura via (m)	10,0	10,0	10,0	10,0
Quadra 2				
Altura meio-fio (cm)	15,0	15,0	15,0	15,0
Largura sarjeta (cm)	65,0	68,0	70,0	68,0
Largura via (m)	10,0	10,0	10,0	10,0
Quadra 3				
Altura meio-fio (cm)	18,0	16,0	14,0	16,0
Largura sarjeta (cm)	66,0	65,0	73,0	68,0
Largura via (m)	10,0	10,0	10,0	10,0
Quadra 4				
Altura meio-fio (cm)	16,0	16,0	14,0	16,0
Largura sarjeta (cm)	65,0	72,0	75,0	71,0
Largura via (m)	11,2	11,2	11,2	11,2

A partir da equação 1, foi calculada a intensidade média de precipitação, cujo valor obtido foi de 192,74 mm/h. A Tabela 2, mostra o resultado das vazões de chuva calculada a partir da intensidade média de precipitação e pela áreas acumuladas.

Tabela 2: Resultado da vazão de chuva.

Quadra	Área acumulada por sarjeta (m ²)	Vazão de chuva (l/s)
1	2778,46	104,24
2	5609,98	210,46
3	3074,88	115,36
4	5522,91	207,20

A partir da equação 3, foi possível calcular a capacidade de vazão das sarjetas para posteriormente ser feita uma análise com a vazão de chuva e assim, verificar o dimensionamento das sarjetas. A Tabela 3 mostra o resultado encontrado para a vazão das sarjetas em litros por segundo.

Segundo Csobi (2011), diante de algumas incertezas das situações das guias e sarjetas no momento de ocorrência de precipitações, certos manuais recomendam a adoção de fatores de redução do escoamento. Assim, foi multiplicado o valor teórico pelo fator de redução de 0,50.

Tabela 3: Capacidade de vazão das sarjetas.

Quadra	Vazão da sarjeta (l/s)	Vazão com fator de redução (l/s)
1	75,5	37,8
2	78,2	39,1
3	84,7	42,3
4	85,4	42,7

Com a presença da boca de lobo na quadra 2 foi indispensável calcular sua capacidade, pois ela drena uma parcela da vazão de chuva que não será levada a jusante. A Tabela 4 apresenta o resultado das vazões para a boca de lobo combinada mostrando a parcela que a boca de lobo drena. Como se pode notar foi feito o levantamento também para a vazão com fator de redução.

Segundo Tucci et al. (2005), a capacidade de vazão da boca de lobo é menor, principalmente, devido a obstrução por sedimentos, o que mostra evidentemente a importância da manutenção e limpeza destas, o que não ocorre no município. Assim, por questões de segurança, como em qualquer obra de engenharia é necessário que os sistemas de drenagem sejam dimensionados para uma vazão superior a vazão de projeto e que a manutenção destes seja periódica.

Tabela 4: Resultado para vazão de boca de lobo.

Tipo de boca de lobo	Vazão (l/s)	Vazão com fator de redução (l/s)
Grelha	191,2	95,6
Guia	95,6	76,5
Total	286,8	172,1

Foi feito um comparativo entre a vazão de chuva determinada pelo Método Racional e a vazão que as sarjetas suportam, através da Equação de Manning, para que fosse possível verificar o dimensionamento dos elementos. A Tabela 5 apresenta os resultados desses cálculos, com vazões de sarjeta com e sem fator de redução. Como pode-se verificar a vazão de chuva é maior que a vazão que as sarjetas suportam, sendo necessário implantar sarjetas com maior capacidade de escoamento, como as sarjetas triangulares, e a adoção de bocas de lobo para drenar a parcela de água excedente.

Tabela 5: Capacidade da sarjeta.

Quadra	Vazão de chuva (l/s)	Vazão da sarjeta (l/s)	Vazão com fator de redução (l/s)
1	104,2	75,5	37,8
2	210,5	78,2	39,1
3	115,4	84,7	42,3
4	207,2	85,4	42,7

A Tabela 6 apresenta os resultados para os parâmetros da sarjeta com seção composta formada pela sarjeta e pela parcela de água que escoar na via. A soma de Q_s (vazão que escoar na via) mais Q_w (vazão que escoar na sarjeta) deve resultar em Q , que é a vazão total na seção da sarjeta composta. Para confirmar se a largura de escoamento da água na pista (T_s) adotado estava correto, a vazão Q deve se igualar a vazão de chuva apresentada na Tabela 2.

Como pode-se notar a largura de escoamento T_s é considerável, e deve-se levar em conta ainda a água que escoar pela sarjeta. O resultado final mostra que a enxurrada invade a via por volta de 3 metros para cada lado. De acordo com PBH (2004) a largura de escoamento máxima nas sarjetas permitida é de 1,67 m, mostrando que o resultado encontrado extrapola os limites deste manual de drenagem. Destaca-se a importância de implantar mais bocas de lobo e manter em bom estado de conservação aquelas que já existem, para que o sistema possa funcionar de maneira adequada.

Tabela 6: Resultado para a sarjeta de seção composta.

Quadra	Q_s (l/s)	E_o	Q_w (l/s)	Q (l/s)	T_s (m)
1	58,16	0,4467	46,96	105,12	2,22
2	126,18	0,4024	84,98	211,16	2,82
3	59,01	0,4934	57,49	116,50	1,98
4	121,91	0,4117	85,33	207,24	2,85

CONCLUSÃO

Este estudo teve a finalidade de estudar as causas do alagamento de uma via no município de Rio Paranaíba. Foi feito o levantamento dos dispositivos deteriorados e o estudo das vazões para se confirmar a hipótese de que não existe uma rede de microdrenagem eficiente.

A importância deste estudo se dá ao fato de que estes alagamentos geram inconvenientes como, proliferação de doenças, mau cheiro, aquaplanagem de veículos e dificuldade de locomoção de pedestres. A partir da pesquisa de campo, foi possível calcular a vazão da chuva pelo Método Racional e também a vazão que as sarjetas suportam através da Equação de Manning. Foi feito também um levantamento fotográfico dos elementos de drenagem que se apresentavam deteriorados.

Com esses dados, foi possível comprovar a deficiência na rede de drenagem de Rio Paranaíba, pois, a vazão de chuva foi bem superior à vazão que as sarjetas suportam, mostrando que o sistema se apresenta subdimensionado tanto no que se refere às dimensões da sarjeta quanto ao número de bocas de lobo.

A deficiência da rede de drenagem do município estudado se dá ao fato da cidade não possuir um planejamento eficiente para a drenagem urbana sem nenhuma previsão de medidas de manutenção e limpeza dos elementos de drenagem, o que gera obstrução destes.

Como soluções mitigadoras sugere-se a adoção de medidas não-estruturais, de ordem social, como por exemplo a conscientização dos cidadãos da destinação correta dos resíduos sólidos, para evitar a obstrução dos elementos de drenagem.

Além disso, recomenda-se a implantação de um novo sistema de microdrenagem, como sarjetas com maior capacidade e a construção de bocas de lobo e redes coletoras.

Ressalta-se também a importância de criação de um plano de manutenção e limpeza dos elementos de drenagem já existentes e um maior controle do crescimento da cidade por meio de plano diretor, evitando o excesso de áreas impermeabilizadas e prevendo estruturas de drenagem compatíveis com a expansão da área urbanizada.

Esta pesquisa buscou por meio do estudo de uma pequena área da cidade mostrar as deficiências do sistema de drenagem. Sendo assim, sugere-se um estudo mais abrangente contemplando todo o perímetro urbano do município de modo a se ter um diagnóstico completo do sistema de drenagem pluvial da cidade em questão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado Minas Gerais - FAPEMIG por financiar a participação no Congresso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASCE, 1969. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).
2. CSOBI, A. Amortecimento superficial nos sistemas de microdrenagem. 2011. 173 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo.
3. DAEE/CETESB. Drenagem Urbana – Manual de Projeto. 2 ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980. 486p.
4. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. Urban Drainage Design Manual. November, 1996. HEC 22, Metric Version.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro, RJ). Censo Demográfico, 2010.
6. LIMA, J. L. M.; LIMA, I. P. Conceitos básicos de hidrologia. In: LIMA, J. P. (Coord.). Hidrologia Urbana: Conceitos básicos. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Universidade de Coimbra, 2010. 187 p.
7. PBH – PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=instrucao_tecnica_elaboracao_de_estudos_e_proj_drenagem_urbana_municipio_bh_out_2004.pdf>. Acesso em: 04 de setembro de 2014.
8. RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (Coord.). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 19-73.
9. TOMAZ, P. Curso de manejo de águas pluviais. Capítulo 02: Método Racional. 2013. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf>. Acesso em: 24 de maio 2014.
10. TUCCI, C. E. M (Coord.) et al. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre, v. 6, 2005. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2014.
11. TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. Estudos Avançados, p. 97- 112, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: 20 de maio de 2014.