



Simulação para reservatório domiciliar de detenção para amortecimento de cheias em Fortaleza-Ce.

Marcela de Albuquerque Ferreira¹, Ricardo Mesquita de Aquino¹, Auricélio Cândido Serafim da Silva¹, Jordana Katruryn Lima Sampaio¹, Mariano Franca Alencar², Marco Aurélio Holanda de Castro³

²Graduandos do Programa de Tecnologia em Saneamento Ambiental - IFCE. Bolsistas do CNPq. e-mail: marcela.albuquerque.af@gmail.com, kado_rma@hotmail.com, auricelioc@yahoo.com.br, katruryn@hotmail.com.

¹Doutor do Programa de Tecnologia em Saneamento Ambiental - IFCE. e-mail: mariano@ifce.edu.br

³Doutor do Programa de Graduação em Engenharia Civil – UFC. e-mail: marco@ufc.br

Resumo: O presente artigo simula o funcionamento hidráulico de um micro-reservatório de retenção de águas pluviais, baseado na Lei municipal nº12.526 de 2 de janeiro de 2007, da cidade São Paulo e em cálculos de equações de chuvas, para um lote localizado no município de Fortaleza-CE, cidade que ainda não possui legislação específica, apesar dos constantes transtornos causados por inundações. Foi abrangida uma área impermeabilizada de 500 m², referente aos padrões da cidade. Com a finalidade de se fazer um amortecimento de cheias, utilizou-se os programas computacionais UFC8, desenvolvido no Laboratório de Hidráulica Computacional - Universidade Federal do Ceará (UFC), para traçados de redes de drenagem, como interface entre os programas Auto-CAD e SWMM. Foi utilizado um reservatório de amortecimento de cheias com volume de 4,5m³, suficiente para evitar uma seção cheia nas tubulações de entrada e viabilizando o projeto de amortecimento calculado com a equação de chuva de fortaleza.

Palavras-chave: amortecimento de cheias, drenagem urbana, impermeabilização, micro-reservatórios

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da população urbana tem provocado alterações no processo hidrológico e aumento das áreas impermeáveis com consequentemente aumento no escoamento superficial, situação agravada pela obstrução frequente nos equipamentos de drenagem devido ao aumento da produção de material sólido e ausência da manutenção – gerando enchentes nas cidades brasileiras. Importante frisar que à medida que a cidade vai crescendo o adensamento populacional se torna excessivo e possíveis áreas naturais de armazenamento para conter cheias urbanas são eliminadas, o que em grande medida agrava a dificuldade de construção de uma rede de drenagem adequada.

A cidade de Fortaleza passou nas últimas décadas por uma urbanização intensa e crescimento populacional acelerado. As ocorrências de fontes de água existentes na cidade, como: riachos, rios, lagos e lagoas, foram submetidos a intervenções na dinâmica e na forma natural de seu espaço territorial. As ações antrópicas são responsáveis por estas mudanças (ARAGÃO, 2012). A implantação do Programa de Drenagem Urbana de Fortaleza (DRENURB) é um indicador da importância do tema para a cidade.

As enchentes observadas em centros urbanos são provenientes de chuvas intensas de largo período de retorno ou devido ao transbordamento de cursos d'água provocadas por mudanças no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas ou ainda a própria urbanização (POMPÊO, 2000).



Um estudo de amortecimento de cheias minimiza transtorno em dias chuvosos e proporciona soluções para possíveis enchentes que possam vir a ocorrer. A impermeabilização do solo e a retirada da cobertura vegetal favorecem um aumento do escoamento superficial, proporcionando um menor tempo de concentração e um maior volume no escoamento superficial. Medidas preventivas para o controle de cheias partem das alternativas estruturais e não estruturais. Sendo as medidas não estruturais compreendidas por planos diretores e leis, sem esquecer a boa educação que a população deve ter com relação ao trato dos resíduos sólidos, não despejando aleatoriamente nas ruas. As medidas estruturais são áqueas intervenções físicas que de certa maneira protegem uma determinada área de enchentes, a exemplo de reservatórios de amortecimento.

O princípio do reservatório de detenção se fundamenta na captação de águas pluviais, visando retardar sua chegada à rede de drenagem. Assim, haverá o amortecendo no pico dos hidrogramas e a diminuição da vazão máxima para jusante.

Uma das alternativas propostas para solução estrutural de enchentes se baseia na redução de vazões de pico por meio de reservatórios de detenção domiciliares, armazenamento temporário difuso nos próprios lotes urbanos (TUCCI e GENZ, 1995).

A pesquisa tem como objetivo a realização do amortecimento de cheias após uma chuva com índice pluviométrico = 0,06 m/h e tempo de duração = 1 h, tempo de recorrência de chuva = 5 anos, na cidade de Fortaleza, em uma área de bacia impermeabilizada de aproximadamente 500 m².

Algumas cidades como, por exemplo, Rio de Janeiro, São Paulo, Guarulhos e Belo Horizonte já possuem leis municipais, que estabelecem os cálculos utilizados para a determinação do volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais, em cada região da cidade. Porém, devido à ausência de uma lei com a mesma finalidade, no município de Fortaleza, os cálculos para o dimensionamento do micro-reservatório domiciliar tomam como referência a Lei N.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007, da cidade de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Fazendo o uso de programas computacionais, UFC8 e SWMM, com interface no AutoCAD, foram projetados desenhos esquemáticos e dimensionamentos de redes de drenagem urbana, juntamente com simulações e gerenciamento de hidrogramas. Da lei municipal de São Paulo, Lei N.º 12.526, utilizamos a fórmula $V = 0,15 * A_i * IP * t$. Onde: "V" volume do reservatório (m³); "A_i" a área impermeabilizada (m²); "IP" o índice pluviométrico igual a 0,06 m/h e "t" tempo (hora). Esses valores, referentes a lei, foram usados apenas estimar o dimensionamento do reservatório.

O UFC8 é um software desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica Computacional – LAHC (UFC), que possibilita o uso em diversos projetos de forma fácil, intuitiva e com uma interface amigável, fazendo com que o tempo gasto no projeto e dimensionamento de redes de drenagem seja o menor possível. Isto se deve ao fato de que todos os elementos computacionais envolvidos na obtenção de dados fazem parte do mesmo ambiente de trabalho, ou seja, o AutoCAD, dispensando o uso de outros programas ou compiladores externos. O dimensionamento da planilha de cálculos só exige mudanças se houver obstrução no terreno. A racionalização de cálculo e de desenho presentes no UFC8 faz com que o mesmo seja uma ferramenta bastante prática e útil a ser utilizada no dia a dia de projetistas e profissionais afins. (CASTRO e BEZERRA, 1999).

O SWMM tem como principal objetivo a simulação hidrológica e hidrodinâmica de sistemas de drenagem urbana. O componente de escoamento de SWMM opera sobre um conjunto de áreas de sub captação que recebem precipitações e geram cargas de escoamento e poluentes. O escoamento ocorre através de um sistema de tubos, canais, armazenamento/tratamento, dispositivos, bombas e

reguladores. A simulação determina faixas da quantidade e qualidade do escoamento gerado dentro de cada sub captação, a vazão, profundidade, fluxo e qualidade da água em cada tubo e canal (CASTRO, 2011).

È necessário também ter o conhecimento da equação de chuva, que varia de acordo com cada região e é de extrema importância para os projetos de drenagem urbana, devendo-se alterar a duração e o período de retorno para todas as bacias. Para os cálculos de precipitação utilizamos os seguintes dados, fornecidos pelo programa UFC8, da fórmula da equação de chuva de Fortaleza $i = \frac{a \cdot T^b}{(c+T)^d}$, onde:

a = 2345,29; b = 0,173; c = 28,31; d = 0,904; Duração da precipitação = 60 min e Período de retorno = 5 anos. Foram adquiridos os valores da Precipitação total (mm) = 53,942 e Intensidade (mm/h) = 53,942.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados neste item os resultados obtidos nos estudos realizados segundo os cenários e critérios apresentados anteriormente.

O objetivo principal foi a diminuição dos picos de cheias que analisados por meio do hidrograma representado na Figura 1.

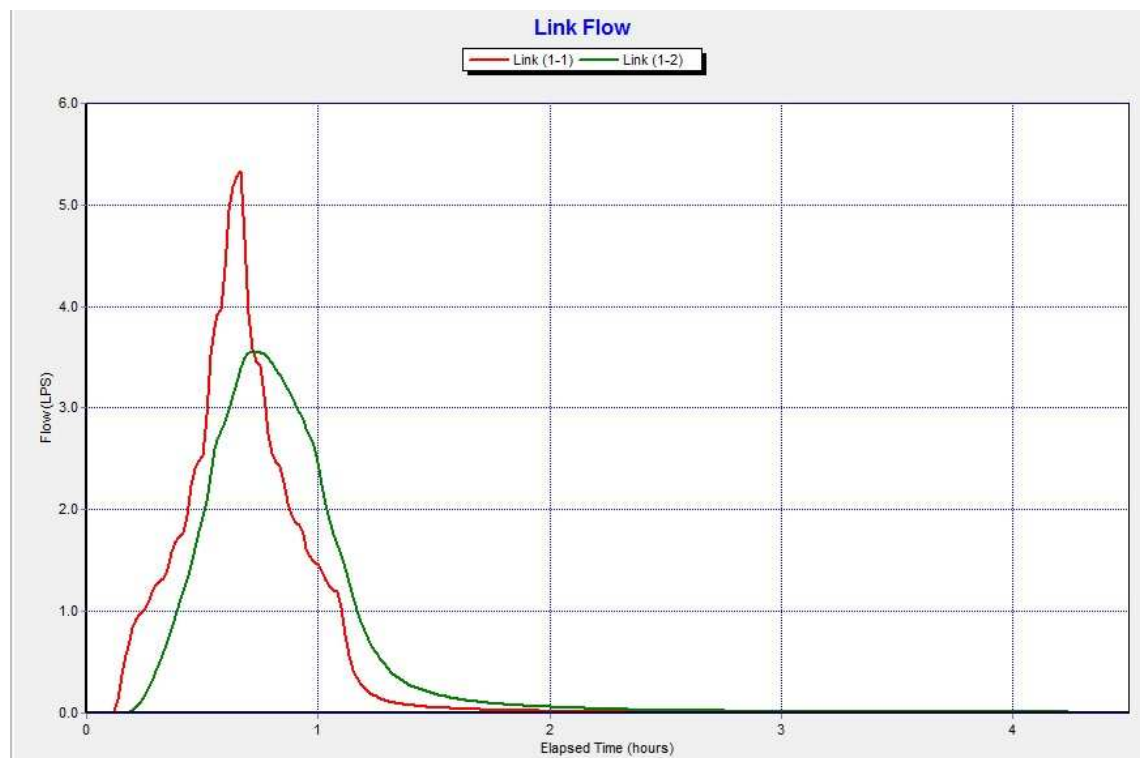


Figura 1 - Hidrograma do reservatório de 4,5m³

O hidrograma acima, Figura 1, analisou a vazão em dois pontos, o primeiro na entrada do reservatório, representado pela linha de cor vermelha, e segundo na saída do reservatório, representado pela cor verde, referentes ao escoamento da área estudada. Pode-se observar que na

entrada do reservatório, com um tubo de comprimento $L=16,4\text{m}$ e diâmetro $D=300\text{mm}$, onde ainda não há o amortecimento é obtido um pico de curva mais acentuada que chega a uma vazão máxima aproximada de $5,5\text{ m}^3/\text{s}$ e que escoar por completo em um curto espaço de tempo, prejudicando o sistema de drenagem. A curva verde, com um tubo de saída de $L=20\text{m}$ e diâmetro $D=150\text{mm}$, apresenta uma melhora dos resultados, pois o pico da vazão máxima é de aproximadamente $3,6\text{ m}^3/\text{s}$, uma redução de aproximadamente 65% da vazão máxima de entrada, gerando um escoamento gradativo e em um maior espaço de tempo, impedindo uma saturação do sistema. Na simulação para equação de chuva de Fortaleza o reservatório leva 42 minutos para encher e 19 minutos para secar, sendo uma área impermeabilizada de 500m^2 e um reservatório de $4,5\text{m}^3$

É importante ressaltar que durante as simulações observou-se que grandes alterações na inclinação no tubo de saída, devido às cotas do terreno adotada (Figura 2) podem influenciar na vazão de saída do reservatório, alterando o hidrograma – o que não se verifica para pequenas alterações. A Figura 2 representa as cotas do terreno em que o reservatório foi inserido com diferença de cota do terreno: $1,258\text{m}$.

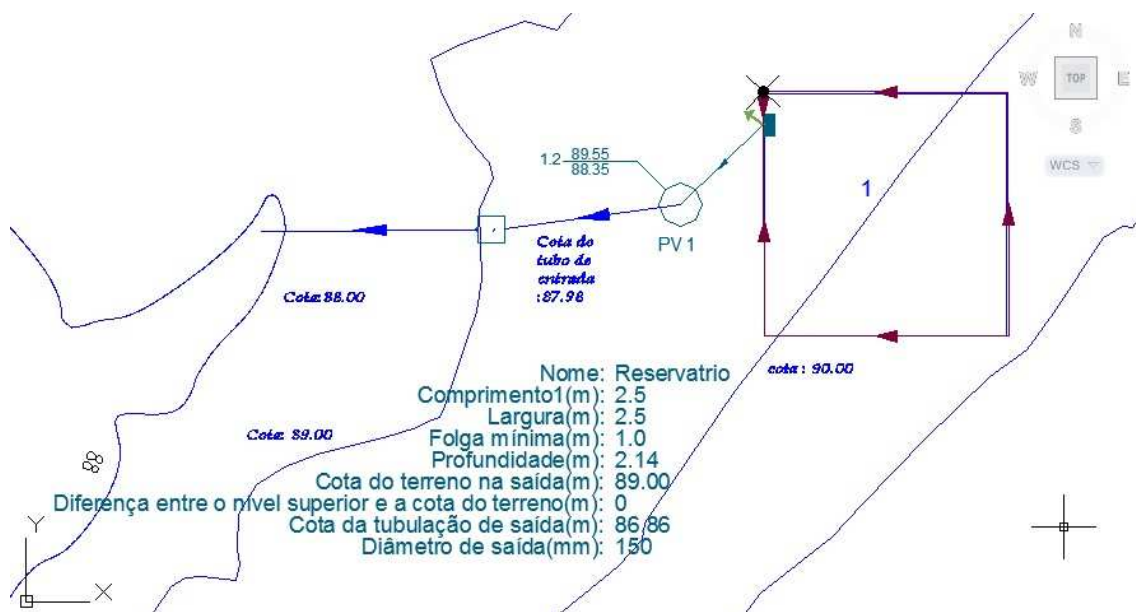


Figura 2 – Cotas do terreno

Os dados e resultados obtidos pelos cálculos para o dimensionamento da rede de drenagem – reservatórios domésticos são gerados em planilha eletrônica pelo software UFC8. A planilha está representada na Tabela 1.

Tabela 1

UFC8 - Software para traçado, dimensionamento e quantitativos de redes de drenagem urbana.
versidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Trecho	Mon.	Jus.	Comprim. (m)	CTM ¹ (m)	CTJ ² (m)	CCM ³ (m)	CCJ ⁴ (m)	Prof. Mon. (m)	Prof. Jus. (m)	Seção	Núm. tubos
1	BC1	PV1	10,6	89,64	89,55	88,64	88,55	1	1	Circular	1
(1-2)	Reserv.	Fim	20,0	89	88	86,86	86,8	2,14	1,2	Circular	1
(1-1)	PV1	Reserv.	16,4	89,55	89,1	88,35	87,9	1,2	1,2	Circular	1

¹Cota do tubo a montante; ²Cota do tubo a jusante; ³Cota da caixa de visita a montante; ⁴Cota da caixa de visita a jusante.

Trecho	Mont.	Jus.	Diâm. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Declivid.	Q. trecho(L/s)	Veloc. (m/s)	Lâmina (%)
1	BC1	PV1	300	-	-	0,0084	5,35	1,05	13
(1-2)	Reserv.	Fim	150	-	-	0,0499	5,27	0,65	47
(1-1)	PV1	Reserv.	300	-	-	0,0276	5,34	1,05	12

Tabela 1 – Planilha de cálculos de dimensionamento do UFC 8 gerada no Excel.

6. CONCLUSÕES

Diante das simulações feitas no SWMM nota-se que o reservatório dimensionado conforme a Lei N.º 12.526 da cidade de São Paulo, com um volume de 4,5m³ e área de 500m² foi suficiente para suportar a quantidade de retida, evitando um transbordamento. A simulação foi bem sucedida teve um bom amortecimento de 5.5 litros/s caiu para 3.6 litros/s, o tempo de enchimento de reservatório foi de 42 min e o de secagem foi de 19 min.

O resultado obtido após a simulação do amortecimento demonstrou a viabilidade do projeto para a contenção para uma chuva de tempo de retorno de 5 anos. Já sua eficiência carece de maior numero de simulações para diferentes períodos de retorno e tempo de duração, caracterizando as limitações desse equipamento sob as mais diversas condições de chuva que a cidade está submetida.

O programa de Drenagem Urbana de Fortaleza (DRENURB) é um importante passo para reestruturar o sistema de escoamento de águas pluviais na em Fortaleza, minimizando o problema de alagamento em pontos críticos da cidade. Porém, para uma maior eficiência dessas obras, com o intuito de evitar enchentes e alagamentos é de grande importância a criação de uma lei municipal que contemplese adequadamente iniciativas de minimização de cheias.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R. D. S. – Impactos causados pela urbanização na qualidade das águas dos trechos estudados no canal da avenida Eduardo Girão.

CASTRO, M. A. H.; BEZERRA, A. A. UFC 8 – Software de Dimensionamento de Rede de Drenagem Urbana, 1999.

CASTRO, Marco. Guia de Utilização do SWMM. Universidade Federal do Ceará, 2011.



Drenagem Urbana Sustentável - Cesar Augusto Pompêo - RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 5 n°1 Jan/Mar 2000.

SÃO PAULO, LEI N.º 12.526, DE 2 DE JANEIRO DE 2007.

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. In: Tucci, C.E.M; Tozzi, M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. Capítulo 7.