PESQUISA DE GRADUAÇÃO CONSTRUINDO RESPONSABILIDADE ÉTICA E VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL: Papel do engenheiro civil e legislação sobre projetos para uso do solo urbano

André Luiz de Lima Reda [1], Felipe Paolucci Herculino [2]

Abstract *— Legislation controlling urban soil occupation aims at protecting the environment and land use quality – thus, promoting the integrity of ecosystems and human life quality. Continuous replacement of vegetation by pavement and buildings by urban developments considerably raises the storm water volumes discharged into public drainage system – thus, further increasing flood frequency and size. The use of detention ponds to reduce outflow rates from private plots has been enforced by decrees issued at several municipalities in the greater São Paulo, as well as in other Brazilian metropolitan areas. These, and also a São Paulo State decree, establish the minimum size of such ponds as a function of area turned impermeable. So does a project of federal decree, currently under proposal. This work, however, demonstrates the importance of proper pond-size evaluation by an engineer, using a complete, hydraulic-hydrological method, avoiding oversized projects – so, emphasising the important role of this professional.*

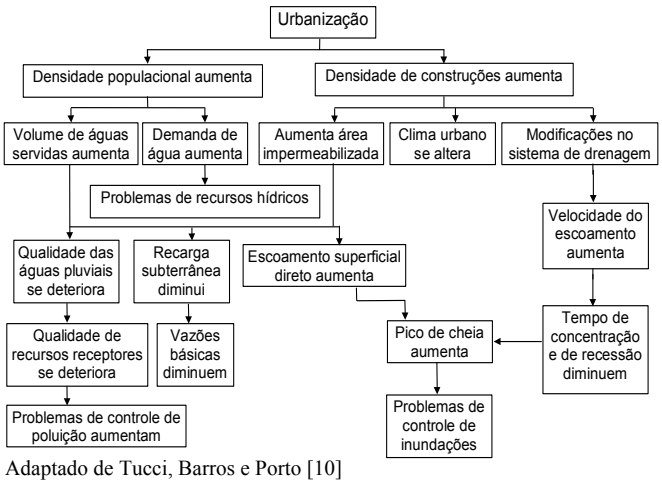
Index Terms — Detention pond, Inundation, Reservoir flood routing, Micro-drainage, Surface flow.

INTRODUÇÃO

Drenagem urbana é o termo empregado para designar o conjunto de medidas e obras que têm como objetivo garantir o escoamento das águas pluviais com eficiência e atenuar transtornos e prejuízos ocasionados por inundações, que acometem, principalmente, a população das grandes metrópoles. Em relação aos outros melhoramentos urbanos (abastecimento de água, energia, pavimentação, etc.), o sistema de drenagem apresenta uma particularidade, que é a ocorrência das águas pluviais independentemente da existência ou não de sistemas adequados – sua quantidade e qualidade tornando-se fatores determinantes dos benefícios e prejuízos causados à população [2]. Outra característica distinta é sua solicitação não permanente, contrastando com o uso contínuo dos demais elementos da infra-estrutura urbana [3].

A impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização interfere no escoamento superficial direto, nos parâmetros de tempo do escoamento superficial e na vazão de pico das cheias [3]. O fluxograma da Figura 1 ilustra os inter-relacionamentos dos diversos processos que ocorrem na drenagem urbana pela urbanização das bacias hidrográficas.

FIGURA 1
PROCESSOS QUE OCORREM NUMA BACIA HIDROGRÁFICA EM ÁREA URBANA.



Adaptado de Tucci, Barros e Porto [10]

O objetivo geral do artigo é comparar o resultado do dimensionamento de estruturas para amortecer inundações urbanas como propõe a Lei Municipal paulistana n° 13.276 com o obtido pelo método hidráulico-hidrológico (cálculo mais direto, por um algoritmo iterativo de amortecimento de hidrograma), utilizando como hidrograma de enchente de entrada, no processo de amortecimento numérico, um gráfico triangular simplificado cujo pico é estimado pelo Método Racional. O artigo resume o método numa linguagem acessível ao leitor não técnico, visando permitir-lhe, em suma, compreender o mecanismo de amortecimento.

Outros objetivos específicos da pesquisa completa foram:

1) Propor diretrizes gerais para facilitar a incorporação dos dispositivos de dimensionamento de estruturas para amortecimento de inundações urbanas em novos empreendimentos, respeitando particularidades locais.
2) Analisar as instruções de dimensionamento da Lei n° 13.276, do Município de São Paulo, verificando sua aplicabilidade em comparação com a de outras leis.

1 André Luiz de Lima Reda, Engenheiro Civil, Consultor, Professor de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie - Escola de Engenharia; CEUN-Instituto Mauá de Tecnologia – Rua Dr. Vila Nova, 35/4E, São Paulo, SP, Brasil, andrereda@maua.br
2 Felipe Paolucci Herculino, Engenheiro Civil, Construtor, Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola de Engenharia, São Paulo, SP, Brasil, fherculino@yahoo.com.br

3) Elaborar uma ferramenta matemática para a execução do método hidráulico-hidrológico.

INUNDAÇÕES URBANAS

O processo de ocupação dos centros urbanos provoca impactos no meio ambiente, particularmente os relacionados às modificações do ciclo hidrológico e à intensa impermeabilização do solo – ver Figura 1 – cujas conseqüências são o aumento de tamanho e freqüência das inundações urbanas, com prejuízos materiais, patrimoniais e humanos para a sociedade.

O chamado 'desenvolvimento' urbano tradicional, para as bacias hidrográficas, muda suas características de uso e ocupação do solo, propiciando a remoção da camada vegetal, a terraplenagem das áreas e a impermeabilização das superfícies [10].

A remoção da camada vegetal aumenta a velocidade do escoamento superficial, contribuindo para aumentar os processos erosivos. A terraplanagem, para adequar um terreno a um determinado projeto urbanístico, além de favorecer a produção de sedimentos, daí transportados para jusante, reduz a infiltração pela compactação do solo e cria superfícies impermeáveis [10].

Medidas de controle do aumento das vazões superficiais podem ser tomadas. Segundo a FCTH [3], tais medidas podem classificar-se de acordo com suas ações na bacia hidrográfica – ações estas que visam minimizar os danos das inundações, classificando-se, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e não estruturais. O Quadro 1 mostra estes tipos de medidas de controle.

QUADRO 1
MEDIDAS DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES.

Medidas estruturais:			
Aumento da capacidade de escoamento das calhas	Diques marginais ou anulares Melhoria das calhas (aumento da seção transversal, desobstruções e retificações) Canalização (melhoria da calha e revestimento, substituição da calha por galeria / canal, canal de desvio		
Redução das vazões de cheias	Reservatórios nos cursos d'água principais		
	Medidas para controle do escoamento superficial direto	Medidas para detenção das águas pluviais	Medidas locais (armazenamento em telhados, cisternas, bacias de detenção em parques, etc.) Medidas fora do local (armazenamento em leitos secos ou em reservatórios implantados em pequenos cursos d'água)
		Medidas para infiltração das águas pluviais	Medidas locais (poços, trincheiras, bacias de infiltração, escoamento dirigido para terrenos gramados, etc
Medidas não estruturais:			
Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale) Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco) Seguro contra inundações Sistema de alerta, ações de defesa civil, relocações			

Adaptado de FCTH [3]

Medidas estruturais compreendem as obras de engenharia. Podem caracterizar-se como medidas intensivas e extensivas – sendo as intensivas divididas em obras de aceleração do escoamento, restauração de calhas, desvio do escoamento e retardamento de fluxo [1].

Trincheiras drenantes, valas, pavimentos com sistema de reservação, poços de infiltração, telhados armazenadores e bacias de detenção ou de retenção são caracterizadas como medidas estruturais extensivas [5].

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIS DE DETENÇÃO CONFORME A LEI MUNICIPAL 13.276

O Município de São Paulo promulgou, em 4 de janeiro de 2002, a Leiº 13.276, regulamentada através do Decreto Municipal n° 41.814, de 15 de março de 2002, que obriga a execução de reservatórios para as águas coletadas por coberturas e pavimentos em lotes que sofrerem redução em sua capacidade de infiltração. Mais especificamente, o art. 1º reza: "...somente os lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m² deverão possuir reservatório de detenção, sendo este necessário para a obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização".

O reservatório proposto deve obrigatoriamente, segundo essa Lei, atender as seguintes condições:

- seu volume deve ser dimensionado pela Equação (1).

$$V = 0{,}15 \ A_i \ IP \ t \qquad (1)$$

onde: V = volume do reservatório (m³)
A_i = área impermeabilizada (m²) > 500,00 m²
IP = índice pluviométrico [*sic* – a forma correta é 'intensidade pluviométrica'], igual a 0,06m/h
t = tempo de duração da chuva, igual a 1 hora

- deve ter sistema instalado para conduzir ao reservatório toda a água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos cobertos;
- a água nele contida deverá preferencialmente infiltrar-se no solo;
- o volume nele contido poderá ser lançado na rede pública de drenagem após uma hora de chuva;
- seu volume poderá também ser utilizado para finalidades não potáveis.

Para o Estado de São Paulo, em 2 de janeiro de 2007, a Lei nº 12.526 tratou dessa matéria de forma similar à Lei Municipal nº 13.276. Os municípios sem legislação específica no assunto deverão obedecer essa Lei Estadual.

MÉTODO HIDRÁULICO-HIDROLÓGICO

Para o dimensionamento do reservatório de detenção, calcula-se o amortecimento de um "hidrograma de enchente de projeto" pelo método hidráulico-hidrológico, explicado mais adiante. Esse hidrograma de projeto, considerado no cálculo do amortecimento como um "hidrograma de entrada" no reservatório, é definido a partir de uma vazão de

pico, que é obtida neste trabalho utilizando o Método Racional, que, segundo [6] apud [8], "... deve ser aplicado em pequenas bacias, ou seja, com área de drenagem inferior a 3km² ou quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora". Assim, passa-se a explicar os componentes e passos do método.

A vazão afluente (vazão que chega) ao reservatório varia ao longo da enchente. Neste trabalho, essa variação é representada pelo hidrograma de entrada no reservatório, sendo o pico dessa vazão determinado pelo Método Racional. Para simplificar os dados de entrada para as unidades mais corriqueiras, a fórmula do Método Racional é apresentada aqui no formato da Equação (2), onde, segundo [8], o método racional "...estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). É usado para calcular a vazão de pico de [...] determinada bacia...".

$$Q = 0{,}278 \ C \ I \ A \qquad (2)$$

onde:

Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial ou de *runoff* (adimensional);

I = intensidade da tormenta de projeto: valor máximo estatístico (mm/h), para um período de retorno T estabelecido (em lei, norma, manual de projeto ou contrato), da intensidade média da chuva numa duração compatível com o tamanho da bacia – duração esta que é geralmente assimilada ao 'tempo de concentração' da bacia. Ver definição deste termo no item 1 do roteiro 'Dimensionamento do resevatório', pouco adiante;

A = área da bacia (km²).

A vazão efluente (vazão de saída) do reservatório varia ao longo do evento de enchente – sendo representada pelo "hidrograma de saída". Esse hidrograma é exatamente o objetivo de cálculo do método iterativo de amortecimento, que será especificado no item seguinte. Como parte deste método, é necessário admitir uma lei de descarga pelo dispositivo de saída do reservatório. Cada dispositivo de descarga tem sua relação carga x vazão de saída representada por uma equação hidráulica apropriada. Neste trabalho, admite-se como única saída um orifício de seção circular. A sua lei de descarga pode ser representada pela Equação (3), sendo definida por [6] como lei dos orifícios, onde o coeficiente de vazão, C_d, possui valor médio igual a 0,61 para orifícios circulares de parede fina.

$$Q = C_d \ A \ \ 2 \ g \ \ H \qquad (3)$$

onde:

Q = vazão de saída (m³/s);

A = área da seção do orifício (m²);

g = aceleração da gravidade, igual a 9,81 (m/s²);

H = carga hidráulica sobre a geratriz superior do orifício (m);

C_d = coeficiente de vazão do orifício (adimensional).

Dimensionamento do reservatório:

O roteiro abaixo explica os procedimentos específicos para se chegar à dimensão de um reservatório de amortecimento de enchente. Os resultados intermediários, para compreensão mais completa dos cálculos realizados, encontram-se na versão completa desta pesquisa [4].

1- Sobre a planta de elevação do terreno, é determinado o caminho crítico, trecho que, percorrido superficialmente pela água por gravidade, levará ao maior tempo de trajeto – ou "tempo de concentração", t_c, por definição. Este percurso deve ser estudado, para o terreno em condições naturais, considerando que a molécula de água nele precipitada deve chegar ao ponto de saída de drenagem do lote não edificado. Por outro lado, isto deve ser repetido supondo lote já urbanizado – tarefa que, geralmente em fase de projeto, é desenvolvida de forma estimativa, admitindo condições de solo (uso e nível de impermeabilização), terraplenagem e declividade que, se espera, representem as futuras. Neste exemplo hipotético, comparativo das duas condições de ocupação, considerou-se plausível identificar o caminho crítico, para cada condição distinta de ocupação, com o maior percurso natural da água no terreno.

2- Calcular, com base em algum modelo hidráulico simples (fórmula empírica específica para tal fim e para a ordem de grandeza e características físicas do lote – ver [4]), o tempo de concentração, t_c, para o terreno na condição natural e, depois, na urbanizada.

3- Calcular os valores de intensidade de tormenta de projeto para lote não urbanizado e urbanizado, respectivamente – devendo-se, para obter o tempo de concentração, conhecer o período de retorno (*T*), aqui adotado como 10 anos, em consonância a maioria das normas de projeto em vigor.

4- Estimar, com o Método Racional, os valores de pico das vazões de saída do lote nas condições pré- e pós-urbanização, empregando-as então para desenvolver hidrogramas de vazão de saída do terreno para ambas estas condições. Adotou-se, neste caso, um formato simplificado triangular para o hidrograma, com o tempo de ascensão (ou tempo de pico, t_c) igual ao tempo de concentração estimado. Lembra-se uma condição simplificadora para a aplicação desta metodologia: admitir que toda a área da bacia receba precipitação 'efetiva' (ou seja, a parte não infiltrada da chuva) uniforme e constante durante uma duração igual a t_c. O tempo de recessão (de descida, ou retorno da vazão superficial ao valor zero) é admitido igual ao tempo de ascensão – assim, o tempo de base, t_b, resulta o dobro do tempo de pico. O volume de cheia que atinge o exutório, $Vol_{ch.}$, é o produto da área da bacia pela altura efetiva total do evento. A área total sob o gráfico triangular é então obtida pelo produto da vazão de pico ($Q_{afluente,pico}$) e seu tempo de base. Obtém-se este último com a Equação (4).

$$t_b = 2 \ Vol_{ch} \ / \ Q_{afluente,\ pico} \qquad (4)$$

5- O amortecimento numérico do hidrograma de entrada, para produzir o de saída, é feito por um método iterativo denominado 'laminação de onda de cheia' ou 'routing de reservatório' e foi desenvolvido no ambiente de planilha inteligente Excel® (como detalhado em [4] e resumido aqui). Agora, é importante frisar que o objetivo desse cálculo é estimar um hidrograma, à saída do reservatório, cujo pico não ultrapasse sensivelmente o antigo pico de vazão de saída do terreno – ainda em estado natural. Isto visa evitar o agravamento das inundações nas áreas a jusante do terreno. A seguir se explica os passos do cálculo do amortecimento do hidrograma de enchente para uma proposta de geometria de reservatório e de geometria dos dispositivos de descarga (neste exemplo, um simples orifício circular junto ao fundo, na extremidade de jusante do reservatório). Como hipótese simplificadora, admite-se aqui o reservatório com fundo praticamente horizontal (salvo uma pequena queda para garantir auto-esvaziamento e auto-limpeza ao final da descarga do volume da enchente) e paredes de contenção verticais (forma prismática). A metodologia completa é explicada no trabalho original do segundo autor [4].

Passos de cálculo:

a- Inicialmente, escolhe-se um intervalo de cálculo (Δt) que seja considerado suficientemente pequeno para permitir boa precisão nos resultados (caso se conclua, ao final, que ele deve ser mudado, os cálculos deverão ser refeitos). Numa primeira coluna (Coluna 1, no trabalho original [4]), assinala-se o tempo, linha a linha, com incrementos Δt.

b- A Coluna 2 deve conter as vazões, Δt a Δt, do hidrograma afluente determinado pelo passo 4 do roteiro acima, discretizado segundo o mesmo Δt da Coluna (1).

c- Fixa-se um valor para o diâmetro do orifício de saída, a ser empregado em todo o cálculo. Se ao final se concluir que o amortecimento não foi suficiente ou foi maior do que o requerido, deve-se recalcular para outro tamanho de orifício.

d- Fixa-se um valor de área interna do reservatório, em planta, que seja razoável para o tamanho total do terreno – pois a área dedicada ao reservatório não deve significar demasiado sacrifício à região servida. O valor fixado ainda é uma proposta, a ser verificada: se ao final do cálculo a carga hidráulica (que é basicamente a dimensão vertical do volume de água contido) acima do orifício ao ocorrer o valor de pico da vazão de saída (instante crítico no funcionamento do reservatório, pois é quando estará mais cheio durante todo o evento) for aceitável, sem transbordamento, a proposta de área de base não a estará subestimando. Por outro lado, caso o nível d'água ainda possa ser maior sem transbordamento, pode-se pensar em diminuir a área ocupada pelo reservatório (o que seria econômico em termos de ocupação territorial). Esta liberdade é parte da liberdade maior com que conta o projetista (também aplicável a outras características físicas do equipamento de amortecimento completo), que pode ir refazendo os cálculos até obter resultados aceitáveis.

e- Na Coluna (3), lança-se um valor razoável, tentativo, para a vazão efluente ao final do Δt, a ser conferido contra o valor que resultará na Coluna (8). Se não coincidirem, a proposta de valor na coluna (3) deverá ser reiterada (o que faz do método um processo iterativo), preferencialmente mais próximo do último valor resultante na Coluna (8) do que da última proposta na Coluna (3).

f- A Coluna (4) contém a estimativa do volume que entrou no reservatório no Δt, como sendo a vazão média no intervalo (média simples entre as vazões de entrada inicial e final no Δt) multiplicada pela duração do intervalo. Somando-se esse volume que entra ao volume que havia no início do intervalo, resulta o volume de entradas acumuladas até o final do intervalo. O primeiro valor da coluna é definido pelas condições geométricas do reservatório (por exemplo, zero, se seu fundo for praticamente horizontal).

g- Para se obter o volume de saídas acumuladas no intervalo, a ser contabilizado na Coluna (5), emprega-se os valores até então disponíveis de vazão efluente no início e no final do intervalo, de forma análoga ao que se fez com as vazões de entrada (ou seja, lá nos cálculos da Coluna (4)).

h- Na Coluna (6), marca-se o valor do volume retido acumulado no reservatório até o final do Δt. Ele é a diferença entre os volumes de entradas acumuladas (Col. (4)) e de saídas acumuladas (Col. (5)).

i- Apresenta-se na Coluna (7) o valor do nível d'água no reservatório ao final do Δt, obtido entrando com o volume retido acumulado (Col. (6)) na relação cota x volume do reservatório. Neste caso, um reservatório prismático (de eixo vertical), a relação é linear, de simples dedução.

j- A vazão efluente calculada, a ser anotada na Coluna (8), deve resultar da equação de descarga do orifício, entrando-se com a cota do nível d'água obtido na Coluna (7). Ela deve ser comparada com a estimada na Coluna (3) – a qual deve ser reiterada até que a da Coluna (8) lhe resulte próxima.

k- Na Coluna (9) se marca o valor da área do reservatório, para facilitar os cálculos da curva cota x volume. Nesse caso, ela é constante – mas pode variar com a carga, noutros.

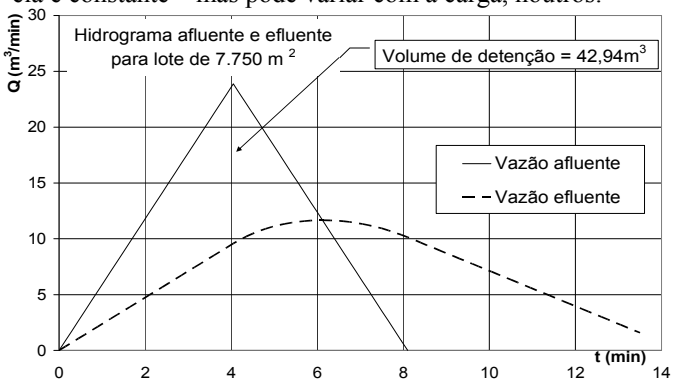


FIGURA 2
Exemplo de hidrogramas afluente e amortecido

l- A diferença entra a vazão efluente estimada na Coluna (3) e a vazão efluente calculada (Col. (8)) é salva na Coluna (10) – necessária para controlar o ajuste da vazão efluente estimada em cada tentativa (ou iteração) (como esclarece o item explicativo **e**, acima).

6- O gráfico da Figura 2 ilustra um dos pares {hidrograma de entrada no método; hidrograma de saída do método} obtidos no trabalho. O de entrada foi o estimado como hidrograma de saída do terreno já urbanizado – apresentado no gráfico como hidrograma afluente. O hidrograma efluente é o que resultou do amortecimento iterativo. A área sobre a linha do hidrograma efluente e sob a do afluente até o instante crítico (quando o primeiro cruza o segundo, bem no pico deste) numericamente representa o volume de detenção necessário para promover tal amortecimento ('volume de projeto' do reservatório), cujo valor é mostrado na Tabela 1.

RESULTADOS

Comparando o dimensionamento que a Lei Municipal de São Paulo exige com aquele pelo método hidráulico-hidrológico adotado neste trabalho, conclui-se que podem diferir nos resultados. A Tabela 1 mostra o resultado para o lote pequeno da Figura 1, um dentre os cinco simulados no estudo (áreas: 5.000 a 10.000m^2), este com área de 7.759m^2. O Método Iterativo mostra valores bem inferiores aos resultantes da aplicação da Lei Municipal 13.276.

TABELA 1: COMPARAÇÃO NUMÉRICA ENTRE OS RESULTADOS DO MÉTODO ITERATIVO E DA APLICAÇÃO DA LEI MUNICIPAL 13.276

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
			São Paulo Lei 13.256	Método Iterativo	Dif. entre coluna (4) e (5)	
	A_T (m^2)	A_i (m$_2$)	V_{res} (m^3)	V_{res} (m^3)	(m^3)	(%)
Lote 01	7.750,00	7.750,00	69,75	42,94	26,81	62,43

Definições: V_{res} = volume do reservatório
A_i = área impermeável
A_T = área do terreno

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS

A idéia de promover o rápido escoamento das águas pluviais começa a ser substituída pelo conceito de impacto zero, ou seja, manter as condições hidrológicas semelhante às da bacia natural após as alterações causadas pela urbanização. Para isso é importante que as legislações criadas tenham embasamento técnico e sejam de caráter aplicativo, visto que os municípios demonstram preocupação com o tema, criando leis específicas e estabelecendo metas afins no Plano Diretor.

Porém, o debate no campo político ainda não é feito sob uma ótica plena de engenharia. O fato exemplar de a denominação errônea de uma variável hidrológica tão importante quanto é a intensidade da tormenta de projeto constar tanto na Lei Municipal quanto na Lei Estadual pode ser tomado como um indicador desta afirmação. Recomenda-se, portanto, maior discussão de propostas deste naipe nos meios da engenharia (associações e institutos profissionais, bem como encontros científicos, por exemplo).

No momento, com a legislação em vigor no município de São Paulo tendo inspirado a Lei Estadual, os municípios paulistas que não têm lei própria no assunto deverão obedecer a Lei Estadual.

Para o Município de São Paulo, a legislação em vigor apresentou volumes de detenção diferentes daqueles obtidos pelo dimensionamento hidráulico-hidrológico. Além disto, evidencia-se que não é possível dimensionar de forma única um reservatório de detenção seguido somente a lei municipal, pois certos itens, tais como a geometria do dispositivo de descarga (necessário para determinar o volume requerido para o reservatório) ou a vazão máxima de saída prevista após amortecimento (que só pode ser conhecida conhecendo-se as limitações dos condutos de drenagem a jusante da descarga) não são contemplado nessa lei – por exemplo, com diretrizes para que sejam estimados em cada caso.

O trabalho mostra o interesse municipal com os problemas gerados pela urbanização; porém, para um dimensionamento completo da estrutura de controle, a legislação do Município de São Paulo se apresentou, neste estudo de caso, incompleta (se se considerar que a vazão de saída limite não é definida). Por outro lado, neste caso causou superdimensionamento (compare-se o resultado do processo hidráulico-hidrológico com o do mero cumprimento da Lei). Porém, não há como garantir que, noutros casos, a aplicação da lei não cause subdimensionamento. Assim, não haveria segurança completa do bom dimensionamento da estrutura de amortecimento resultante, seja no aspecto econômico, seja no de segurança.

REFERÊNCIAS

[1] CANHOLI, A. P. "Drenagem urbana e controle de enchentes", São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.

[2] CETESB., "Drenagem Urbana: Manual de Projeto". 3.ed. São Paulo: CETESB, 1986. 452p.

[3] FCTH, "Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo". São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999. 289p.

[4] HERCULINO, F. P. Utilização de reservatórios de detenção em condomínios: avaliação dos métodos atuais. Dissertação de graduação em Engenharia Civil apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008. 139p.

[5] MARTINS, P. A. G. "Manejo de águas pluviais urbanas: estudo de bacias de amortecimento na Região Metropolitana de São Paulo", Campinas: PUC Campinas, 2006. 181p.

[6] PORTO, R. de M. "Hidráulica Básica", São Carlos: EESC-USP. 1999. 520p.

[7] SILVA, R. T.; PORTO, M. F do A. "Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração", *Estudos Avançados,* Vol.17, No 47, São Paulo. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142003000100007&lng= en&nrm= iso>. Acesso em: 12 abr. 2007.

[8] TOMAZ, P. "Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais", São Paulo: Navegar, 2002, 475p.

[9] TUCCI, Carlos E. M. "Gerenciamento da drenagem urbana", *Revista Brasileira de Recursos Hídricos,* Vol. 7, No 1, Porto Alegre: ABRH , pp.5-28, jan/mar. 2002.

[10] TUCCI, C. E. M., BARROS, M. T. L. de , PORTO, R. L. (org.), "Drenagem Urbana". Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1995, 414p.