

## COMPARAÇÃO DOS VOLUMES DE MICRORRESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Stanlei M. M. Amaral<sup>1</sup> & Daniela Bemfica<sup>2\*</sup>

**Resumo:** Uma das principais ferramentas para minimizar os impactos da urbanização no sistema de drenagem pluvial urbana é a utilização de técnicas de controle do escoamento na fonte, sendo uma delas a implantação de micro reservatórios de retenção nos lotes edificados. Diversos municípios brasileiros já dispõem de legislação que exige a implantação de tais dispositivos, porém não há uma padronização dos critérios de dimensionamento empregados. O presente trabalho compara as diferentes formulações empregadas no país para determinação dos volumes de retenção, apontando as grandes divergências existentes entre elas e discutindo a necessidade de revisão dos critérios adotados.

**Palavras-Chave:** drenagem urbana, controle na fonte, reservatórios de retenção.

## COMPARISON OF STORMWATER STORAGE TANKS VOLUMES IN BRAZILIAN CITIES

**Abstract:** An important tool to minimize the impacts of urbanization on urban drainage systems is the use of decentralized micro-scale runoff control techniques, such as storage facilities located at the lot level. Several Brazilian municipalities have already created legislation enforcing the use of such devices, and different design criteria have been adopted. This paper compares the various formulations used in the country to determine the storage volumes, pointing out the major differences between them and discussing the need to standardize design criteria.

**Keywords:** urban drainage, source control, storage tanks.

### INTRODUÇÃO

De modo geral, o crescimento urbano no Brasil tem ocorrido de forma bastante desordenada, causando variados impactos negativos, dentre os quais o aumento da impermeabilização do solo e o consequente agravamento das cheias urbanas. A abordagem tradicional da drenagem urbana, baseada no rápido afastamento das águas pluviais por meio da ampliação de condutos, apenas transfere as inundações para áreas mais baixas, não contemplando soluções para a bacia hidrográfica como um todo.

Um contraponto a essa abordagem é o uso de técnicas compensatórias, baseadas no controle do escoamento perto da fonte geradora, por meio da implantação de dispositivos de retenção, retenção e infiltração. No Brasil, já há alguns anos existe a orientação do Ministério das Cidades de que sejam implantados projetos de drenagem urbana sustentáveis, baseados nos conceitos do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID).

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Departamento de Esgotos Pluviais, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, [stanlei@dep.prefpoa.com.br](mailto:stanlei@dep.prefpoa.com.br)

<sup>2</sup>Engenheira Civil, Departamento de Esgotos Pluviais, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, [daniela@dep.prefpoa.com.br](mailto:daniela@dep.prefpoa.com.br)

O princípio básico do LID é o uso de variadas técnicas de controle do escoamento na fonte (tais como infiltração, evaporação, filtragem, armazenamento e retenção) para preservação das condições hidrológicas de pré-ocupação da área (LID Center, 2013). De acordo com o Termo de Referência para Estudos de Concepção para Gestão das Águas Pluviais (Brasil, 2011), um dos princípios norteadores da drenagem sustentável é a priorização de ações não estruturais. Dessa forma, a legislação deve prever e evitar a ampliação da vazão natural dos espaços urbanos em seu plano de uso do solo bem como na implementação de novas edificações.

Diversos municípios brasileiros já adequaram sua legislação a essas orientações, tendo sido Porto Alegre uma das primeiras cidades a incluir em seu Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) a exigência da manutenção das condições hidrológicas de pré-ocupação em todos os empreendimentos de parcelamento do solo e a implantação de reservatórios de retenção de águas pluviais em todos os novos lotes edificados (Porto Alegre, 1999).

O artigo do PDDUA referente ao parcelamento do solo já vem sendo aplicado desde a promulgação da lei. Houve alguma resistência inicial por parte dos empreendedores locais, em função principalmente dos custos envolvidos, mas esse impasse há muito foi solucionado. Até o momento, já foram implantados 12 bacias de amortecimento em novos loteamentos, com volumes variando de 60 a 28.000 m<sup>3</sup>. Tais estruturas são executadas pelo empreendedor, mas sua operação e manutenção são responsabilidade do poder público.

Já o artigo referente à implantação de reservatórios de retenção em lotes foi condicionado a posterior regulamentação, efetivada apenas em 2006, por meio do Decreto 15.371 (Porto Alegre, 2006). Desde então, já foram implantadas mais de 150 estruturas de retenção em lotes privados, cujos custos de implantação, operação e manutenção são de inteira responsabilidade do empreendedor e/ou proprietário do imóvel.

Ao contrário do verificado no caso de loteamentos, a obrigatoriedade de implantação de reservatórios de retenção de águas pluviais nos lotes edificados enfrenta, ainda hoje, séria oposição por parte dos empreendedores locais. Várias são as alegações contrárias a essa exigência, dentre as quais o alto custo de implantação, a perda de área para edificação (nos casos em que não é viável a implantação de estruturas subterrâneas) e a dificuldade de manutenção (que, no caso de prédios residenciais ou comerciais, é responsabilidade dos condomínios). Outro ponto levantado é que o volume de reservação definido em Porto Alegre é muito alto, comparativamente ao de outros municípios brasileiros que também exigem a implantação de estruturas de controle do escoamento.

No ano de 2010, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul (SINDUSCON/RS) entregou oficialmente ao Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (DEP/PMPA) documento questionando as formulações constantes no Decreto 15.371. O SINDUSCON/RS apresentou comparação dos volumes determinados com base nesse decreto com os calculados a partir das legislações dos municípios de São Paulo e Curitiba, demonstrando que os volumes exigidos nessas cidades eram significativamente menores do que os de Porto Alegre. Foi apontado também que as equações IDF dessas cidades forneciam intensidades maiores do que as de Porto Alegre para as mesmas durações e períodos de retorno. Com base nessas comparações, o SINDUSCON/RS solicitou que a legislação de Porto Alegre fosse revista e que fossem adotados os mesmos critérios aplicados em Curitiba. Na ocasião, o DEP/PMPA analisou o documento recebido e manifestou-se contra a solicitação de alteração da legislação, tendo em vista não ter sido informado pelo SINDUSCON/RS nem tampouco encontrado disponível em material bibliográfico os critérios que levaram à definição das formulações de São Paulo e Curitiba, enquanto os princípios e cálculos que definiram a formulação de Porto Alegre estão amplamente documentados e disponíveis para consulta (DEP/PMPA, 2000).

Mesmo sem ter tido sua solicitação final atendida, o documento apresentado ao DEP/PMPA pelo SINDUSCON/RS demonstrou claramente que há uma grande diferença entre as exigências legais de implantação de dispositivos de controle do escoamento nas cidades de Porto Alegre, São Paulo e Curitiba. Não há um critério único para determinação dos volumes de reservação, e São Paulo e Curitiba sequer divulgam quais os princípios adotados para definição da equação final de cálculo do volume de armazenamento exigido.

O objetivo do presente trabalho é, portanto, ampliar a comparação já efetuada, considerando a legislação dos demais municípios brasileiros que exigem o controle do escoamento pluvial na fonte e, se possível, analisar os diferentes critérios que levaram à definição das formulações de cálculo. Dessa forma, pretende-se reavaliar a legislação vigente em Porto Alegre e, caso necessário, proceder aos devidos ajustes.

## LEGISLAÇÕES MUNICIPAIS

Apesar da clara orientação do Ministério das Cidades para adoção de ações sustentáveis de drenagem urbana, visando a não ampliação da vazão natural, até o momento poucas cidades brasileiras exigem a implantação de dispositivos de controle do escoamento nas edificações. Além dos já citados, foram também identificados os municípios de Belo Horizonte, Guarulhos, São Carlos, Brotas, Santos, Rio de Janeiro, Niterói e Campo Grande, além do estado de São Paulo e do Distrito Federal. A seguir serão descritos os critérios de aplicação e as formulações adotadas em cada um desses locais, para posterior comparação.

No caso de Porto Alegre, o Decreto 15.371 estabelece que lotes acima de 600 m<sup>2</sup> de área total implantem, obrigatoriamente, reservatório de retenção de águas pluviais. Nesse instrumento, constam formulações para o cálculo do volume do reservatório de retenção do lote bem como para determinação da vazão máxima de contribuição à rede pública.

De acordo com DEP/PMPA (2000), para definição da vazão máxima de contribuição à rede, foi considerada uma bacia hidrográfica hipotética, com formato retangular e comprimento aproximadamente o dobro da largura, área de 100 ha e tempo de concentração de 1 hora (velocidade média da bacia de 0,4 m/s). A partir da formulação do Método Racional, para um tempo de recorrência de 10 anos, coeficiente de escoamento de pré-ocupação de 0,15 e intensidade da chuva obtida da equação IDF do Posto Redenção, obteve-se um valor de restrição para contribuição à rede pluvial pública de 20,8 L/(s.ha). Já o volume de controle foi estimado com base na equação  $V = (Q_u - Q_n) \times t \times k$ , onde V é o volume em m<sup>3</sup>, Q<sub>n</sub> é a vazão de pré-urbanização em m<sup>3</sup>/s, Q<sub>u</sub> é a de pós-urbanização, t é a duração da chuva em minutos e k = 60, para conversão de unidades.

As vazões de pré e pós-desenvolvimento foram estimadas pelo Método Racional, com coeficientes de escoamento, respectivamente, de 0,15 e 0,95. A intensidade de chuva foi obtida a partir da equação IDF do mesmo posto, para igual tempo de retorno. O tempo de duração t foi determinado por iteração, de forma a maximizar o volume. Dessa forma, foram obtidos os volumes de reservação para áreas impermeáveis variando de 5 a 100%. Esses valores foram ajustados, com R<sup>2</sup> = 0,995, à equação  $v = 4,25 \times AI$ , onde v é o volume específico, em m<sup>3</sup>/ha, e AI é a área impermeável do terreno, em %.

O Decreto 15.371 ainda estabelece alternativas que permitem minimizar o volume calculado, reduzindo a área impermeável a ser computada, caso soluções alternativas (tais como pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, desconexão de calhas para áreas gramadas, etc) sejam também aplicadas no lote.

O primeiro município brasileiro a publicar legislação específica sobre o controle do escoamento na fonte foi Belo Horizonte. A Lei 7.166 (Belo Horizonte, 1996) define que os lotes edificados devem respeitar taxas de permeabilidade mínimas de 10 a 30%. A impermeabilização poderá chegar a 100%, caso seja implantado no lote dispositivo de retenção de águas pluviais na razão de 30 litros por m<sup>2</sup> de terreno impermeabilizado que exceda o limite previsto pela lei.

O município de São Paulo implantou o controle do escoamento pluvial na fonte em 2002, por meio da Lei 13.276 (São Paulo, 2002a) e do Decreto 41.814 (São Paulo, 2002b). Esses instrumentos determinam que deverão ser implantados reservatórios de retenção em todos os lotes, edificados ou não, cuja área impermeável exceder 500 m<sup>2</sup>. O volume do reservatório deverá ser calculado a partir da equação  $V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$ , onde  $V$  é o volume do reservatório, em m<sup>3</sup>,  $A_i$  é a área impermeabilizada, em m<sup>2</sup>,  $IP$  é o índice pluviométrico, considerado constante e igual a 0,06 m/h, e  $t$  é o tempo de duração da chuva, igual a uma hora.

Posteriormente, a exigência de implantação de reservatórios de retenção de águas pluviais foi ampliada para todo o estado de São Paulo, por meio da Lei Estadual 12.526/07 (São Paulo, 2007). Tanto os critérios de aplicação (para lotes com mais de 500 m<sup>2</sup> de área impermeável) quanto a formulação proposta são exatamente os mesmos previamente adotados pelo município de São Paulo, inclusive com relação à intensidade de chuva.

Ainda no estado de São Paulo, as cidades de Guarulhos, São Carlos e Brotas dispõem de legislações anteriores à lei estadual. O Código de Obras de Guarulhos (Guarulhos, 2000) estabelecia que os lotes urbanos deveriam ter reservatórios de retenção de águas pluviais com volumes de 500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500 e 3.500 litros, para lotes com áreas de, respectivamente, 125, 250, 300, 400, 500 e 600 m<sup>2</sup>. Para lotes com áreas superiores a 600 m<sup>2</sup>, o volume corresponderia a 6 litros por m<sup>2</sup> de área de lote. Entretanto, o novo Código de Edificações do município (Guarulhos, 2004) revoga a legislação anterior, determinando apenas que as águas pluviais que escoam nos limites das propriedades não podem aumentar as vazões do sistema de drenagem acima das condições naturais. A regulamentação e normas para aplicação desse artigo deveriam ter sido definidas por decreto do Poder Executivo, em um prazo de até sessenta dias a partir da data de publicação da Lei. Até o momento, no entanto, tal regulamentação ainda não foi publicada.

O município de São Carlos determina que será obrigatória a construção de reservatório de retenção em todos os lotes urbanos, em reformas ou no licenciamento de novas edificações (São Carlos, 2003), seguindo os mesmos critérios adotados na antiga legislação de Guarulhos, acima especificada. Já o município de Brotas define, em seu Plano Diretor (Brotas, 2006), que nos lotes nos quais não for respeitada a taxa de ocupação do solo, deverão ser implantados reservatórios de retenção com volume de 1.200 litros para lotes de 200 m<sup>2</sup> e, para lotes de maior área, à razão de 6 litros por m<sup>2</sup>. É também definida uma vazão limite de saída do reservatório, de 20 litros/minuto. Não foi possível identificar no texto dessa lei qual a taxa de ocupação limite para os lotes.

Já a cidade de Santos exige a manutenção de taxa de permeabilidade mínima de 15 ou 30%, respectivamente, para as áreas insular e continental do município. Essa permeabilidade poderá ser garantida por meio de vegetação e/ou por meio de reservatório de retenção, com volume determinado a partir da mesma formulação e mesma intensidade de chuva definidas na legislação estadual (Santos, 2012). Para a área continental, a equação original deve ser multiplicada por 2.

O município do Rio de Janeiro determina que todos os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> implantem estruturas de retenção de águas pluviais (Rio de Janeiro, 2004), seguindo a mesma formulação adotada pelo município e estado de São Paulo, mas com intensidades de chuva de 0,06 ou 0,07 m/h, dependendo da região da cidade.



A cidade de Niterói adotou legislação similar (Niterói, 2009), ampliando a exigência de controle do escoamento pluvial para edificações coletivas, residenciais, comerciais ou mistas, com mais de 50 unidades (independentemente da área impermeabilizada). A exemplo de São Paulo e outros municípios, a intensidade de chuva adotada é de 0,06 m/h.

Curitiba exige a implantação de reservatórios de retenção em novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas que impermeabilizem mais de 3.000 m<sup>2</sup> ou que apresentem menos de 25% de taxa de permeabilidade, independentemente de seu uso e localização (Curitiba, 2007). A formulação definida é similar à do município de São Paulo, porém a constante adotada é 0,20 e a intensidade de chuva 0,08 m/h. A vazão limite de saída do dispositivo de controle é definida de forma indireta, pois são determinados os diâmetros do orifício regulador de vazão (variando de 25 a 500 mm, em função do volume do reservatório).

O município de Campo Grande também dispõe de legislação relativa ao controle na fonte (Campo Grande, 2005), exigindo que empreendimentos uniresidenciais com área construída igual ou superior a 150 m<sup>2</sup> implantem caixas de captação de águas pluviais de, no mínimo, 1.000 litros. Como alternativa a essa exigência, propõe a execução de reservatório com capacidade de retenção de, no mínimo, 30 litros por m<sup>2</sup> de terreno que não atenda à taxa de permeabilidade prevista para a respectiva zona da cidade (ou seja, mesmo critério adotado em Belo Horizonte). Posteriormente, quando da elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Campo Grande (Consórcio RES, 2008), foram aplicados os mesmos princípios utilizados em Porto Alegre e definida a vazão máxima de saída de 28,3 L/(s.ha). O volume de reservação pode ser calculado pela

equação  $\frac{V}{A} = 585,8 \times AI$ , onde  $V/A$  é o volume dividido pela área de contribuição, em m<sup>3</sup>/ha e  $AI$  é a proporção de área impermeável (entre 0 e 1). Entretanto, não há indicação que, até o momento, essa proposta tenha sido convertida em legislação.

Por fim, o Distrito Federal também implantou o conceito do controle do escoamento pluvial na fonte (Adasa, 2011), definindo a necessidade de outorga para o lançamento de águas pluviais, limitada a uma vazão máxima de 24,4 L/(s.ha). Tanto essa limitação quanto a equação para cálculo do volume de retenção foram definidas com base nos mesmos conceitos aplicados a Porto Alegre e Campo Grande. Dessa forma, considerando a equação IDF local, o volume pode ser obtido por  $V = (4,705 \times Ai) \times Ac$ , onde  $V$  é o volume, em m<sup>3</sup>,  $Ai$  é o percentual de área impermeável do terreno e  $Ac$  é a área de contribuição, em ha. A legislação do Distrito Federal pode ser considerada inovadora por ser a primeira no país a exigir também a manutenção da qualidade da água do corpo receptor, por meio da implantação de reservatórios de qualidade, para controle da poluição difusa.

Pode-se perceber que os critérios adotados pelas diversas municipalidades dividem-se, basicamente, em três grandes grupos: o primeiro deles, no qual se classificam as formulações das cidades de Porto Alegre, Campo Grande (Plano Diretor de Drenagem Urbana) e do Distrito Federal, cujo volume é obtido a partir da diferença entre as vazões de pré e pós-ocupação do lote, com um tempo crítico obtido de forma a maximizar esse volume. O segundo grupo, que engloba as legislações de São Paulo (município e estado), Santos, Rio de Janeiro, Niterói e Curitiba, utiliza-se de uma formulação com uma chuva padrão (na maioria dos casos, 0,06 m/h), em uma duração fixa de uma hora, e aplica um coeficiente de abatimento (0,20 em Curitiba, 0,15 nos demais). Não foi possível localizar a origem de tais equações, nem tampouco os critérios que levaram à definição do tempo de duração da chuva e do coeficiente de abatimento. O terceiro grupo engloba as legislações que definem um volume fixo de reservação por m<sup>2</sup> de área que exceda à taxa máxima de impermeabilização admitida (Belo Horizonte e Campo Grande) ou por m<sup>2</sup> de área total do lote (Guarulhos, São Carlos e Brotas). Observa-se também que apenas as legislações de Porto Alegre,

Curitiba, Brotas e do Distrito Federal estipulam uma vazão máxima de saída para a rede pública (limitação também proposta para Campo Grande, mas ainda não legalmente adotada), exigência de extrema importância para assegurar o efetivo controle do escoamento pluvial excedente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para permitir uma comparação entre as legislações estudadas, foram determinados volumes de reservatórios de detenção de águas pluviais para lotes hipotéticos, de 600, 1.000, 2.000, 3.000, 5.000 e 10.000 m<sup>2</sup> de área total, com taxas de impermeabilização de 50, 75, 90 e 100%. O tamanho dos lotes foi definido para contemplar diversas tipologias de edificação (desde residências unifamiliares até prédios e pequenos centros comerciais). Já as taxas de ocupação estipuladas podem caracterizar variados padrões de urbanização, desde áreas suburbanas até regiões altamente urbanizadas.

A Tabela 1 apresenta os volumes calculados, de acordo com as diferentes formulações propostas. No caso de Belo Horizonte, foram considerados lotes cuja exigência de área permeável seja de 30% (cenário que resulta em maiores volumes). No caso específico do município de Guarulhos, para fins de comparação, foi considerado o critério previsto na legislação já revogada (Guarulhos, 2000), tendo em vista que a nova lei (Guarulhos, 2004) ainda não foi regulamentada. Já para Campo Grande, foram considerados os dois critérios anteriormente descritos: a formulação constante na legislação vigente (Campo Grande, 2005), considerando uma exigência de permeabilidade de 30% (similar à de Belo Horizonte), bem como a equação proposta pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana (CONSÓRCIO RES, 2008). Os municípios que adotam idênticas fórmulas de cálculo foram agrupados na mesma coluna. Porto Alegre consta na primeira coluna, pois foi tomada como base para as comparações realizadas. Cabe ressaltar que as comparações efetuadas não levaram em consideração as características locais de precipitação.

A indicação mais clara apresentada pelos resultados da Tabela 1 é que os volumes calculados de acordo com os critérios adotados em Porto Alegre, Distrito Federal e Campo Grande (Plano Diretor) são, de fato, muito superiores aos demais. Tal diferença deve-se, sobretudo, ao critério adotado para a duração da precipitação (duração crítica, determinada a fim de maximizar os volumes, contra duração fixa de uma hora). Os volumes do Distrito Federal e de Campo Grande resultaram ainda maiores do que os de Porto Alegre (10,71 e 37,84% superiores, respectivamente), em função exclusivamente da diferença entre as equações de chuvas intensas. Isso é comprovado também pelo fato de que as vazões limites de contribuição à rede pública definidas para o Distrito Federal e Campo Grande também são maiores do que a de Porto Alegre.

Os volumes calculados pelas formulações baseadas na chuva de uma hora de duração resultaram consideravelmente mais baixos do que os de Porto Alegre, variando de 21,18% do valor de referência, para o caso do município de São Paulo, até 42,35%, para a formulação de Santos continental (cuja legislação prevê que a equação original seja multiplicada por 2). Entretanto, os menores volumes foram, de fato, aqueles calculados com base em valores fixos por área (impermeável ou do lote), casos de Belo Horizonte, Guarulhos, São Carlos e Brotas. Belo Horizonte, que exige o controle do escoamento apenas da área que excede a taxa máxima de impermeabilização, apresenta os menores volumes, não exigindo reservatório no caso de 50% de área impermeável no lote e definindo volumes equivalentes a menos de 5% dos de Porto Alegre, para a hipótese de 75% de impermeabilização. Já os volumes calculados de acordo com a legislação de Guarulhos, São Carlos e Brotas são função exclusivamente do tamanho do lote, sem levar em consideração a taxa de impermeabilização. Esse é um critério bastante questionável, tendo em vista que não fornece nenhum estímulo para a manutenção de áreas permeáveis.

Tabela 1 – Cálculo do volume de reservatórios de retenção, de acordo com as diferentes legislações municipais vigentes.

Área Lote (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável (%)	Volume (m <sup>3</sup> )									
		Porto Alegre	BH e Campo Grande (legislação)	SP, RJ (IP = 0,06 m/h) e Niteroi	RJ (IP = 0,07 m/h)	Santos Insular	Santos Continental	Curitiba	Guarulhos, S. Carlos e Brotas	Campo Grande (Plano Diretor)	Brasília
600	50	12,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	17,57	14,12
	75	19,13	0,90	4,05	4,73	0,00	8,10	7,20	3,60	26,36	21,17
	90	22,95	3,60	4,86	5,67	4,86	9,72	8,64	3,60	31,63	25,41
	100	25,50	5,40	5,40	6,30	5,40	10,80	9,60	3,60	35,15	28,23
1.000	50	21,25	0,00	4,50	5,25	0,00	0,00	0,00	6,00	29,29	23,53
	75	31,88	1,50	6,75	7,88	0,00	13,50	12,00	6,00	43,94	35,29
	90	38,25	6,00	8,10	9,45	8,10	16,20	14,40	6,00	52,72	42,35
	100	42,50	9,00	9,00	10,50	9,00	18,00	16,00	6,00	58,58	47,05
2.000	50	42,50	0,00	9,00	10,50	0,00	0,00	0,00	12,00	58,58	47,05
	75	63,75	3,00	13,50	15,75	0,00	27,00	24,00	12,00	87,87	70,58
	90	76,50	12,00	16,20	18,90	16,20	32,40	28,80	12,00	105,44	84,69
	100	85,00	18,00	18,00	21,00	18,00	36,00	32,00	12,00	117,16	94,10
3.000	50	63,75	0,00	13,50	15,75	0,00	0,00	0,00	18,00	87,87	70,58
	75	95,63	4,50	20,25	23,63	0,00	40,50	36,00	18,00	131,81	105,86
	90	114,75	18,00	24,30	28,35	24,30	48,60	43,20	18,00	158,17	127,04
	100	127,50	27,00	27,00	31,50	27,00	54,00	48,00	18,00	175,74	141,15
5.000	50	106,25	0,00	22,50	26,25	0,00	0,00	0,00	30,00	146,45	117,63
	75	159,38	7,50	33,75	39,38	0,00	67,50	60,00	30,00	219,68	176,44
	90	191,25	30,00	40,50	47,25	40,50	81,00	72,00	30,00	263,61	211,73
	100	212,50	45,00	45,00	52,50	45,00	90,00	80,00	30,00	292,90	235,25
10.000	50	212,50	0,00	45,00	52,50	0,00	0,00	80,00	60,00	292,90	235,25
	75	318,75	15,00	67,50	78,75	0,00	135,00	120,00	60,00	439,35	352,88
	90	382,50	60,00	81,00	94,50	81,00	162,00	144,00	60,00	527,22	423,45
	100	425,00	90,00	90,00	105,00	90,00	180,00	160,00	60,00	585,80	470,50

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho realizou uma comparação entre os volumes de dispositivos de retenção de águas pluviais dimensionados de acordo com a legislação vigente nas diversas cidades brasileiras que já exigem o controle do escoamento na fonte. Apesar de não haver uma padronização das formulações adotadas, foram identificados três grandes grupos: equações com duração crítica de chuva, determinada a fim de maximizar os volumes; fórmulas com duração de chuva constante, igual a uma hora e, finalmente, volumes fixos por m<sup>2</sup> de área impermeável ou total.

Foi observado que os maiores volumes resultaram, como já era esperado, das formulações que adotam um tempo crítico de precipitação. As equações baseadas em chuvas de duração fixa geraram volumes intermediários, enquanto os menores armazenamentos foram aqueles obtidos a partir de relações fixas, função da área (impermeável ou total) do lote.

Foi possível também verificar que critérios locais pouco foram considerados quando da definição das equações. Apenas os municípios de Porto Alegre, Campo Grande e Brasília fornecem detalhamento sobre os critérios que levaram à determinação de suas equações. Os demais municípios parecem apenas ter copiado as primeiras leis aprovadas (Belo Horizonte, para as relações fixas entre volume e área do lote, e São Paulo, para as equações baseadas na chuva de uma hora), sem ter levado em consideração características locais (nem mesmo a mais óbvia dela, que é a variação da intensidade da precipitação).

Tais considerações indicam a necessidade de que a discussão sobre a implantação do controle do escoamento na fonte nas cidades brasileiras seja aprofundada e que, no futuro, sejam padronizados critérios básicos de projeto, que poderão ser adaptados às características locais de cada município, quando da elaboração de sua legislação.

## REFERÊNCIAS

- ADASA (2011). *Resolução 09*. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal.
- BELO HORIZONTE (1996). *Lei 7.166*. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.
- BRASIL (2011). *Termo de Referência para Elaboração de Estudos de Concepção para Gestão das Águas Pluviais*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2011. 40 p.
- BROTAS (2006). *Lei Complementar 12*. Prefeitura Municipal de Brotas.
- CAMPO GRANDE (2005). *Lei Complementar 74*. Prefeitura Municipal de Campo Grande.
- CONSÓRCIO RES (2008). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande – Medidas Não-Estruturais*. Prefeitura Municipal de Campo Grande. 76 p.
- CURITIBA (2007). *Decreto 176*. Prefeitura Municipal de Curitiba.
- DEP/PMPA (2000). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre – Fundamentos*. Departamento de Esgotos Pluviais, Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- GUARULHOS (2000). *Lei 5.617*. Prefeitura Municipal de Guarulhos.
- \_\_\_\_\_ (2004). *Lei 6.046*. Prefeitura Municipal de Guarulhos.
- LID Center (2013). *Urban Design Tools – Low Impact Development*. Disponível em <http://www.lid-stormwater.net/background.htm>. Acesso em 14/05/2013.
- NITERÓI (2009). *Lei 2.630*. Prefeitura Municipal de Niterói.
- PORTO ALEGRE (1999). *Lei Complementar 434 – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental*. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- \_\_\_\_\_ (2006). *Decreto 15.371*. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- RIO DE JANEIRO (2004). *Decreto 23.940*. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro.
- SANTOS (2012). *Decreto 6.044*. Prefeitura Municipal de Santos.
- SÃO CARLOS (2003). *Lei 13.246*. Prefeitura Municipal de São Carlos.
- SÃO PAULO (2002). *Lei 13.276*. Prefeitura Municipal de São Paulo.
- \_\_\_\_\_ (2002). *Decreto 41.814*. Prefeitura Municipal de São Paulo.
- \_\_\_\_\_ (2007). *Lei Estadual 12.526/07*. Governo do Estado de São Paulo.