

# Comparação de métodos para dimensionamento de bacias de retenção no manejo de águas pluviais: estudo de caso em Araraquara - SP

*Method comparison for dimensioning detention basins in the management of rainwater: a case study in Araraquara - SP*

- **Data de entrada:**  
17/01/2022
- **Data de aprovação:**  
01/07/2022

Carolina Sulzbach Lima Peroni<sup>1\*</sup> | Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.038>

## ORCID ID

Peroni CSL  <https://orcid.org/0000-0002-9559-271X>

Teixeira BAN  <https://orcid.org/0000-0002-4924-1281>

## Resumo

As Bacias de Retenção de Águas Pluviais (BD) são obrigatórias para novos empreendimentos imobiliários na área urbana do Município de Araraquara-SP. O presente estudo identificou e analisou, comparativamente, os métodos de dimensionamento e parâmetros de projeto que vêm sendo adotados e aceitos pelo órgão público municipal. Foram identificados: Método 1 - Método Racional; Método 2 - Método Simplificado e o Método 3 - Hidrograma do Método Racional Modificado. A comparação entre eles demonstrou diferenças significativas nos volumes de retenção. O Método 1 superou o Método 3 na ordem de 20% a 75%, e o Método 2 na ordem de 189% a 413%. O Método 3 apresentou volumes de 312% a 764% maiores que o Método 2. Esses resultados indicaram volumes subestimados do Método 2 quando comparados com os demais métodos. Vale destacar que mesmo mantendo iguais os parâmetros de tempo, intensidade e de área, as diferenças foram significativas, embora menores que as anteriores. Concluiu-se, portanto, a necessidade de definir um método único e padronizado para o dimensionamento das BD em Araraquara, bem como de estudos específicos para o desenvolvimento de um método de fácil aplicação e condizente com as características locais.

**Palavras-chave:** Bacia de retenção. Volumes de Retenção. Equações simplificadas. Lei Estadual de São Paulo 12.526/2007.

## Abstract

*Rainwater Detention Basins (BD) are mandatory for new real estate developments in the urban area of the Municipality of Araraquara-SP. The present study identified and comparatively analyzed the hydrologicals methods and parameters that have been adopted and accepted by the municipal public agency. The following were identified: Method 1 - Rational Method; Method 2 - Simplified Method and Method 3 - Hydrograph of the Modified Rational Method. Comparison among showed significant differences in detention volumes. Method 1 outperformed Method 3 on the order of 20% to 75% and Method 2 on the order of 189% to 413%. Method 3 presented volumes from 312% to 764% greater than Method 2. These results indicated the underestimated volumes of Method 2 when compared to the other methods. It is worth noting that even for the same parameters of time, intensity and*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos - São Carlos - São Paulo - Brasil.

\* **Autora correspondente:** carolina.peroni@estudante.ufscar.br.

*area, there were significant, but smaller, differences. It is concluded, therefore, the need to define a single and standardized method for the dimensioning of DBs in Araraquara, as well as specific studies for the development of a method of easy application and consistent with the local characteristics.*

**Keywords:** Detention basin. Detention Volumes. Simplified equations. State Law of São Paulo 12.526/2007.

## 1 INTRODUÇÃO

As Bacias de Retenção (BR) são estruturas empregadas na drenagem urbana das grandes cidades brasileiras desde a década de 90, devido à sua eficiência na minimização das inundações em espaços densamente urbanizados (BAPTISTA et al., 2015). Contudo, nas últimas décadas sua adoção se intensificou nas cidades de médio porte, atrelada, muitas vezes, ao conceito de “Drenagem Sustentável”. Mesmo com essa expansão, a escassez de estudos sobre o monitoramento das BR em operação é uma realidade, impossibilitando afirmar sobre a eficiência e o desempenho delas em longo prazo e na escala de sub-bacia, bem como sobre os métodos de dimensionamento destas unidades, com base no funcionamento real das BR.

Há métodos de dimensionamento consagrados, como Método Racional e Hidrograma Unitário, por exemplo, cada qual com suas especificidades e limitações. Porém, estes podem ter diferentes contextos de aplicação, que geram incertezas para projetistas e os técnicos do órgão público responsável. Por isso, muitos municípios vêm buscando métodos simplificados para agilizar e padronizar o processo de dimensionamento das BR (BARROS, 2015).

Cidades como São Carlos-SP, São José do Rio Preto-SP; São Paulo-SP, Curitiba-PR e Porto Alegre-RS, entre outras, exemplificam essa normatização sobre projetos de BR, estabelecendo métodos de dimensionamento e os parâmetros de projeto de acordo com o tipo e porte da obra.

No entanto, em outras localidades, como Araraquara, deixa-se a cargo dos projetistas a escolha do método de dimensionamento das BR e dos parâmetros hidrológicos, desde que justificados.

O emprego aleatório de métodos de dimensionamento das BR em Araraquara gera questionamentos, como: Há diferenças entre os resultados obtidos pelos distintos métodos? Qual é a proporção entre eles? Quais são os fatores que interferem nestas diferenças?

Nesse contexto, o presente estudo buscou identificar os métodos de dimensionamento empregados nos projetos das BR implantadas na área urbana de Araraquara, SP. E comparar os volumes de retenção, analisando as semelhanças e diferenças entre os métodos e os parâmetros adotados. Essas BR, implantadas em áreas públicas, são responsáveis pelo armazenamento temporário das águas pluviais dos loteamentos, tendo como saída estruturas no fundo da bacia.

## 2 DIMENSIONAMENTO DAS BACIAS DE RETENÇÃO – BR

Conforme definição de Baptista et al. (2015), as BR são estruturas de armazenamento e/ou infiltração que visam ao controle das inundações pelo amortecimento de cheias em meio urbano; a redução do volume de escoamento superficial pelo armazenamento e infiltração das águas pluviais; e da redução da poluição difusa no meio urbano. Seu volume de retenção pode ser determinado por meio de modelos simplificados ou modelos de amortecimento.

Um exemplo é o Hidrograma do Método Racional indicado para sub-bacias pequenas, requerendo poucas informações extraídas dos hidrogramas de pré e pós-urbanização. Como segundo exemplo é o Método de Pulz, utilizado para demais casos e caracterizado por volumes obtidos pelos hidrogramas de entrada e saída da BD (TUCCI e GENZ, 2015).

O dimensionamento das BD deve assumir o risco adotado para projetos comuns de microdrenagem, considerando a redução das vazões de saída para a previsão máxima de ocupação da bacia considerada, de acordo com Cruz et al. (1999) apud Nakazone (2005).

Em resumo, as BD podem ser dimensionadas por meio de vários métodos conceituados, embora estes possam ser de difícil aplicação para o corpo técnico municipal ou requerem dados indisponíveis. Por isso, vários estudos vêm buscando simplificar esse procedimento, desenvolvendo equações de fácil aplicação, como é o caso da Lei Estadual nº 12.526/2007 no Estado de São Paulo (BARROS, 2015).

## 2.1 Método Racional

O Método Racional, em decorrência de sua simplicidade, é frequentemente empregado no dimensionamento de sistemas de drenagem urbana. Sua equação é apresentada a seguir:

$$Q_{m^3/s} = \frac{C \cdot I \cdot A}{(1000/3600)} \quad (1)$$

Onde: Q=vazão (m<sup>3</sup>/s); C=coeficiente de escoamento superficial; I=intensidade pluviométrica (mm/h) e A = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Essa metodologia não avalia o volume de cheias e a distribuição temporal das vazões, sendo assim recomendada para bacias com áreas inferiores a

2 km<sup>2</sup>. A duração da chuva de projeto é igualada ao tempo de concentração da bacia, garantindo a inclusão das condições mais críticas em bacias pequenas – chuvas com pequena duração e grande intensidade (BRASIL, 2021).

A adoção do coeficiente de escoamento “C” depende das características físicas e ambientais de cada localidade, como o tipo de solo e cobertura, e o uso e ocupação do solo. Inclusive na determinação do volume de bacias de retenção, o C será o parâmetro a diferenciar os cenários de pré-urbanização e de pós-urbanização, conforme apresentado a seguir:

### 1º) Vazão da área pré-urbanizada (m<sup>3</sup>/s) – Q<sub>1</sub>

Aplicação da Eq. 1 com um C<sub>eq</sub> = coef. de escoamento superficial característico à cobertura antes da urbanização.

### 2º) Vazão da área pós-urbanizada (m<sup>3</sup>/s) – Q<sub>2</sub>

Aplicação da Eq. 1 com um C<sub>eq</sub> = coef. de escoamento superficial proporcional às áreas do empreendimento (após a urbanização).

### 3º) Volume de retenção (m<sup>3</sup>)

$$V_{det} = (Q_2 - Q_1) \cdot t \cdot 60 \quad (2)$$

t = tempo de duração da chuva de projeto (min)

Com essa metodologia, as dimensões das bacias de retenção são determinadas com base nas características físicas do solo e das condições hidrológicas da localidade do projeto.

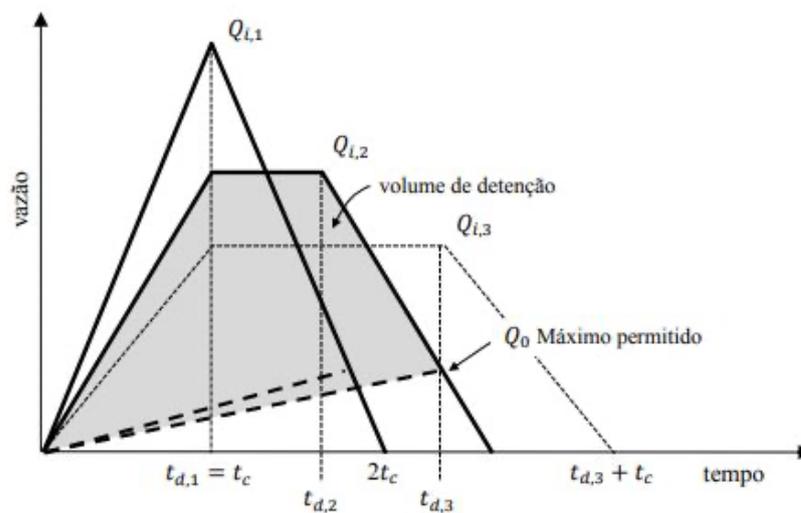
## 2.2 Hidrograma do Método Racional Modificado (Método de Aron e Kibler, 1990)

O hidrograma proposto por Aron e Kibler (1990), gerado pelo Método Racional Modificado (MRM), prevê a determinação do volume de retenção a partir da sobreposição do hidrograma de entrada

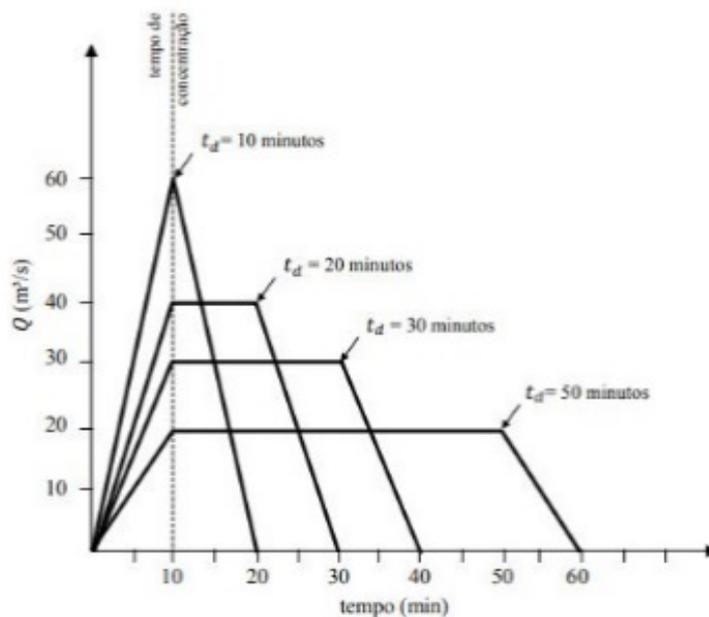
e saída, coincidindo a vazão de pico de saída com a vazão de recessão do hidrograma de pós-desenvolvimento, conforme apresentado na Fig. 1 (BARROS, 2015).

Por meio da Eq. 3, o volume de detenção é calculado, e será aquele que, variando a duração da chuva, resultar no maior valor. Barros (2015) destaca que, para o Método Racional, a vazão de pico

é atingida quando toda a área da bacia contribuir para o exutório, ou seja, vazão máxima é atingida no tempo igual ao tempo de concentração. Entretanto, como há a redução da intensidade de precipitação, por conta do aumento do tempo de duração da chuva, a vazão máxima diminui. Isso justifica a forma de um trapézio, indicada na Fig. 2, onde é possível observar a constância da intensidade durante o evento de precipitação.



**Figura 1** - Relação entre o hidrograma de entrada e saída, pelo Método de Aron e Kibler  
 Fonte: BARROS, 2015.



**Figura 2** - Hidrograma simplificado baseado no Método Racional Modificado  
 Fonte: BARROS, 2015.

De acordo com Gribbin (2014), na maioria das situações, o MRM gera um volume de deflúvio maior que o hidrograma triangular.

### 2.3 Lei Estadual de São Paulo 12.526/2007

O Município de São Paulo estabeleceu obrigatoriedade na implantação de sistemas de captação e retenção de águas pluviais “coletadas por telhados, terraços e pavimentos descobertos que possuam áreas impermeáveis superiores à 500m<sup>2</sup>”, por meio da Lei Municipal nº 13.276/2002. Esta gerou uma série de discussões por conta da ausência de clareza na escolha dos parâmetros de cálculo (BARROS, 2015).

Mesmo nesse cenário de dúvida e questionamento sobre a eficiência da equação instituída pela legislação, seu conteúdo foi estendido para todo o Estado por meio da Lei Estadual nº 12.526 de 02 de janeiro de 2007 (BARROS, 2015). Atualmente, ela é utilizada por vários municípios para determinação do volume de retenção das BD.

Conforme o Art. 1º da Lei Estadual, “é obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>”. Em seu Art. 2º especifica o reservatório de acumulação como uma medida de contenção das enchentes, cuja capacidade determina-se com base na Eq. 3:

$$V = 0,15 * A_i * IP * t \quad (3)$$

Onde: V = volume do reservatório (m<sup>3</sup>); A<sub>i</sub> = área impermeabilizada (m<sup>2</sup>); IP = índice pluviométrico = 0,06 m/h e t = tempo de chuva = 1 hora.

Barros (2015) e Nakazone (2005) apresentam considerações relevantes sobre os parâmetros

estabelecidas na Legislação, bem como acerca das discussões geradas pelo uso indiscriminado desta Lei:

- A intensidade de precipitação adotada no valor de 0,06 m/h é resultado da IDF do município de São Paulo para um tempo de retorno de 10 anos e tempo de concentração igual a 1 hora (No caso de Araraquara, admitindo a IDF fornecida pelo DAAE e os referidos parâmetros de TR e T<sub>c</sub>, resultaria em uma I = 64,5 mm/h);
- O uso do valor 0,15 não encontra uma justificativa hidrológica, pois, como o valor de C, está subestimado. Presume-se que esse fator de redução seja arbitrário;
- Para Canholi (2005) apud Barros (2015), “os volumes requeridos pela legislação são bem modestos em relação aos deflúvios gerados”;
- Nakazone (2005) “presume que os volumes inferiores são propositais, porque há dificuldades para implantar tais sistemas em espaços urbanos cada vez mais escassos”.

A Lei Estadual Paulista 12526/2007 preconiza seu emprego para a escala lote. Contudo, na prática, ela sendo empregada para o dimensionamento de BD implantadas em áreas públicas.

### 2.4 Métodos Simplificados de municípios brasileiros

A determinação do volume de retenção por meio de equações simplificadas visa à agilidade e à facilidade do processo. Por essa razão se tornou uma prática comum em muitos municípios brasileiros. No Quadro 1 são apresentados outros métodos simplificados para o dimensionamento das BD. Essas metodologias vêm sendo empregadas nas cidades do Rio de Janeiro, Porto Alegre e Curitiba e no município de São Carlos-SP, próximo à Araraquara.

A equação da cidade do Rio de Janeiro é semelhante em sua estrutura e fator de redução à Lei Estadual Paulista. A diferença constitui na adoção de altura da chuva (0,06 m ou 0,07 m), em metros, em vez da intensidade da chuva, como no Estado de São Paulo. Na Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001/2005, a área impermeável da equa-

ção do cálculo do volume de retenção é apresentada como área do telhado (m<sup>2</sup>), indicando uma predisposição desse dimensionamento para a escala lote. Essa resolução institui a necessidade de dimensionamento da estrutura de saída do reservatório, ponto não abordado na Lei do Estado de São Paulo (RIO DE JANEIRO, 2021).

**Quadro 1** - Outros métodos simplificados para dimensionamento da BD

Local	Legislação Municipal	Equação	Legenda e parâmetros adotados
Rio de Janeiro/RJ	Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001/2005 (Decreto nº 23.940/2004)	$V = k \times A_i \times h$	Onde V é volume de retenção (m <sup>3</sup> ), k é o coeficiente de abatimento (=0,15), A <sub>i</sub> é a área do telhado (m <sup>2</sup> ) e h = altura de chuva (metro), correspondente a 0,06 m nas áreas de planejamento 1,2 e 4 e a 0,07 m nas áreas 3 e 5.
Curitiba/PR	Decreto nº 1733/2020	$V = k \times I \times A$	Onde V é volume de retenção (m <sup>3</sup> ), k é o coeficiente de abatimento = 0,20, I é a intensidade da chuva = 0,080 m/h e A é a área impermeável (há divisões no decreto)
Porto Alegre/RS	Decreto nº 18.611/2014	$V = 4,25 \times A_{imp}$	Onde V é volume de retenção (m <sup>3</sup> /ha), A <sub>imp</sub> é a área impermeável (%)
São José do Rio Preto/SP	Lei Municipal nº 10290/2008	$V = [102,55 + (6,335 \times (A_i - 10))] \times A_t$ $V = [292,60 + (6,938 \times (A_i - 40))] \times A_t$	A <sub>i</sub> = 40% A <sub>i</sub> > 40% Onde V é volume de retenção (m <sup>3</sup> ), A <sub>i</sub> = área impermeabilizada (em % sobre a área total do terreno); e A <sub>t</sub> é a área total do terreno (ha)
São Carlos/SP	Diretrizes da Secretaria Municipal de Obras Públicas (RODRIGUES e TEIXEIRA, 2021)	$V = [(3 \times t_c \times \Delta Q) / 2] \times 60$	Onde V é o volume de retenção (m <sup>3</sup> ); t <sub>c</sub> = tempo de concentração da bacia (min) (calculado pela Equação Califórnia Culverts Practice); ΔQ é a diferença entre a vazão pós urbanização com a vazão pré-urbanização.

Fonte: Adaptado de Barros (2015)

A equação de Curitiba-PR é semelhante às anteriores, exceto quanto ao fator de redução igual a 0,20 e I=0,080 m/h; e a tabela com diâmetros de orifício para intervalos de volume, ausentes nas Leis de SP e RJ. Nesse caso, os reservatórios são obrigatórios para áreas impermeáveis ≥ 3000 m<sup>2</sup> ou para empreendimentos que apresentarem redução da taxa de permeabilidade. Se a redução for de 25% até 15%, o volume de retenção deverá ser calculado com base na área total impermeabilizada no lote. Já para reduções abaixo de 15% deve-se considerar a área total do terreno (CURITIBA, 2021).

Para Porto Alegre é estabelecido que toda ocupação que resultar em área impermeabilizada deve lançar na rede pública de drenagem a vazão máxima específica de 20,8 L/(s.ha); ou seja, a vazão máxima de saída será a referida vazão específica multiplicada pela área total do terreno. Para empreendimentos com área inferior a 100 ha, o

volume de retenção será calculado com base na equação apresentada no Quadro 1. Entretanto, para áreas superiores a 100 ha, o mesmo deve ser determinado por meio de estudos hidrológicos, considerando a precipitação de projeto com tempo de retorno igual a 10 anos (PORTO ALEGRE, 2021).

Em São José do Rio Preto/SP, estabelece-se a vazão máxima específica de 13 L/(h.m<sup>2</sup>), a qual, multiplicada pela área total do terreno, resultará na vazão máxima de saída para a rede pública de drenagem urbana. Para o cálculo do volume de retenção são apresentadas as equações, no Quadro 1, para área impermeabilizada em até 40% e acima de 40%, e para áreas inferiores a 100ha (como em Porto Alegre). Enquanto para áreas superiores a 100ha, estudos hidrológicos para um tempo de retorno de 10 anos são previstos (SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, 2021).

Em São Carlos-SP, Rodrigues (2019) acessou o Manual de Diretrizes para a Drenagem Urbana, na Secretaria Municipal de Obras Públicas, no qual é estabelecido o conceito do Hidrograma Triangular para o cálculo do volume de detenção, conforme indicado no Quadro 1. As diferenças entre esse método e o descrito no item 2.1.1. são o cálculo do tempo de concentração ( $t_c$ ), pela Equação Califórnia Culverts Practice, para cada bacia de drenagem específica do empreendimento; e o tempo de recessão do hidrograma igual ao dobro do  $t_c$ .

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas, sendo seus respectivos métodos e produtos descritos a seguir:

**Etapa 1 - Obtenção de dados técnicos das BD:** por meio de visitas técnicas no Setor de Engenharia do Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara - DAAE, foi possível consultar os projetos aprovados no período de 2005 a 2017. A análise destes consistiu na verificação da existência dos memoriais de cálculo, com detalhamento do método de dimensionamento das BD e dos parâmetros de cálculo adotados. A partir disso, foi realizada a seleção dos projetos aptos a seguirem para a próxima etapa.

**Etapa 2 - Análise dos métodos de dimensionamento e parâmetros de projeto:** com o auxílio de planilhas eletrônicas, os métodos de dimensionamento e os parâmetros de projetos foram listados, bem como recalculados, a fim de compreender o procedimento do método e conferir a utilização dos parâmetros citados. Com isso, os métodos e parâmetros foram identificados e analisados. Dentre os parâmetros, destacam-se: Tempo de Retorno - TR, Tempo de Concentração -  $T_c$ , Tempo de Duração da Precipitação - T, Intensidade da Precipitação - I e Coeficiente de Runoff - C.

**Etapa 3 - Comparação entre métodos de dimensionamento:** para cada BD foram aplicados os métodos de dimensionamento identificados na Etapa 2. Com isso, foi possível comparar os referidos métodos, em termos de volume de detenção. Como etapa complementar foram comparados ainda os métodos aplicados em Araraquara com métodos de outras cidades que possuem essa obrigatoriedade de unidades de detenção.

**Etapa 4 - Análise crítica dos métodos de dimensionamento analisados e dos parâmetros de projetos identificados:** essa etapa foi realizada por meio da análise comparativa dos dados apresentados na Etapa 3 e da busca por estudos prévios sobre alguns métodos abordados no presente estudo. Com isso, foi possível discutir acerca das semelhanças e diferenças apresentadas nos resultados de cada método. Além disso, quanto aos parâmetros, buscou-se analisar se a adoção deles ocorria em conformidade com o preconizado pela literatura.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Bacias de Detenção em Araraquara-SP

As Bacias de Detenção de Águas Pluviais (BD) tornaram-se uma prática obrigatória para novos loteamentos na área urbana de Araraquara a partir de 2007. Em 2018, a aprovação do projeto de engenharia e fiscalização das obras de execução das BD ficava a cargo do Departamento Autônomo de Água e Esgoto - DAAE, autarquia municipal responsável pelos sistemas de abastecimento público de água e de esgotamento sanitário, pelo manejo dos resíduos sólidos e pela drenagem sustentável, limitada às BD (PERONI, 2018).

De acordo com o levantamento realizado pela autora, Araraquara contava com 24 unidades de detenção. A maioria dessas estruturas não tem por objetivo sanar os problemas de inundação pré-existentes na área urbana, mas sim evitar o

surgimento de novos focos provenientes da expansão urbana. Portanto, as BD devem atender, no mínimo, à liberação de uma vazão igual à vazão de pré-ocupação. Importante destacar que essas unidades são caracterizadas pelo armazenamento temporário das águas pluviais e por seu esvaziamento a partir de estruturas de saída implantadas no fundo da BD, no prazo máximo de 24hs após o evento de precipitação. Além disso, elas são implantadas em áreas públicas, ficando, em sua maioria, fora dos limites dos loteamentos.

#### 4.2 Parâmetros de Projeto e Métodos de dimensionamento das BD em Araraquara

Do total de 24 projetos de engenharia disponibilizados pelo DAAE, apenas em 13 foi possível analisar os critérios e parâmetros, e os métodos empregados para o dimensionamento das BD. Nestes, foram identificados 3 métodos distintos empregados para o dimensionamento destas estruturas: Método Racional, Lei Estadual nº 12.526/2007 e Hidrograma Método Racional Modificado.

Destaca-se que a comparação entre os três métodos de dimensionamento das BD exigiu o aten-

dimento aos parâmetros estabelecidos por cada metodologia. Dessa forma, quanto ao critério de áreas do empreendimento, destaca-se que os métodos 1 e 3 adotam área total, enquanto o método 2 utiliza área impermeável. Contudo, pela ausência desses dados em alguns projetos das BD, foi definido como área impermeável o percentual de 70% da área total. Esse valor foi definido com base nos cálculos das BD (coluna 4 do Quadro 2).

**Método 1 - Método Racional (Sugestão do DAAE):** sugerido pelo DAAE aos projetistas responsáveis pelo dimensionamento das BD. São disponibilizados arquivos com orientações de cálculo e planilha eletrônica com as fórmulas necessárias para a determinação do volume de retenção e das vazões do orifício de saída e do extravasor. Esse método consiste na determinação de vazões de pré e pós-urbanização para o cálculo do volume de retenção e das vazões das estruturas de saída. As etapas apresentadas no Quadro 3 indicam a sequência dos cálculos necessários para a determinação do volume de retenção das BD. A equação IDF de Araraquara é fornecida, assim como os parâmetros:  $T_r = 10$  anos e  $t = 30$  minutos, resultando em  $I = 96,20$  mm/h.

**Quadro 2** - Sequência de Cálculo para a Determinação do Volume de Detenção - Método 1

<b>1º) Equação de Chuva intensa de Araraquara (Adaptada de DAAE, 2016)</b>	<b>(4)</b>
$I_{mm/h} = \left\{ 32,4618 \cdot (t + 15)^{-0,868} + 2,1429 \cdot (t + 15)^{-0,5482} \cdot \left[ -0,4772 - 0,9010 \ln \ln \left( \frac{T}{T} - 1 \right) \right] \right\} \cdot 60$	
Tr = 10 anos / t = 30 min / I = 96,20 mm/h	
<b>2º) Cálculo da Vazão da área pré-urbanizada (m³/s) – Q<sub>1</sub></b>	
Emprego da Eq. 1 com adoção de:	C = 0,20 p/ campo, pasto etc.
<b>3º) Cálculo da Vazão da área pós-urbanizada (m³/s) – Q<sub>2</sub></b>	
Emprego da Eq. 1 com adoção de:	C = 0,30 p/ jardins ou áreas verdes; C = 0,60 p/ pavimento poroso ou bloco intertravado; C = 0,65 p/ área dos lotes (valor médio); C = 0,95 p/ telhados e pisos impermeabilizados; C <sub>eq</sub> = proporcional as áreas do empreendimento.
<b>4º) Determinação do Volume de detenção (m³)</b>	
V <sub>det</sub> = (Q <sub>2</sub> – Q <sub>1</sub> ) x t x 60	t = tempo de duração da chuva de projeto (min)

As equações necessárias para o dimensionamento das estruturas de saída (orifício de fundo e extravasor) são consideradas neste método,

somente não sendo apresentadas neste estudo. Outro ponto relevante é que, dentre as orientações, o DAAE possibilita o emprego de outros

métodos de dimensionamento do volume de detenção das BD, desde que justificados pelo projetista. Nesse ponto, ressalva-se a ausência de justificativa nos projetos que utilizaram outro método, em especial para a aplicação do Método 2, descrito a seguir.

**Método 2 - Lei Estadual nº 12.526/2007:** corresponde ao emprego da Eq. 3, estabelecida na Lei Estadual nº 12.526/2007, para a determinação do volume de detenção do reservatório. Não incluindo equações para o cálculo do orifício de fundo e do extravasor.

**Método 3 - Hidrograma Método Racional Modificado (MRM):** corresponde ao emprego do Hidrograma Modificado (MRM), enquadrando-se com os preceitos do Método Proposto por Aron e Kibler, como descrito no item 2.1.2. Esse método foi empregado para duas unidades, BD 17 e 18, e considerou precipitações de  $I_{60,10}$  para o cálculo do volume de detenção e dimensionamento dos

orifícios de saída; e  $I_{60,100}$  para o extravasor. Esses são os únicos casos de distinção da intensidade de precipitação e tempo de retorno para as estruturas das BD.

As vazões determinadas consideraram cenários de pré e pós-urbanização. Quanto aos tempos utilizados para a elaboração dos hidrogramas, utilizou-se como tempo de concentração = 10 minutos e tempo de duração da chuva = 60 minutos. Contudo, nos hidrogramas analisados, o tempo de recessão considerado foi de 20 minutos. Esse tempo não foi justificado no projeto, parecendo uma escolha do projetista.

A determinação do volume de detenção foi assim realizada a partir da diferença entre as áreas das figuras geométricas: trapézio (hidrograma de entrada) e triângulo (hidrograma de saída).

No Quadro 3 são indicados os métodos de dimensionamento e dados gerais contidos nos memoriais de cálculo das referidas BD.

**Quadro 3 - Métodos de Dimensionamento e Dados Gerais das BD, extraídos dos projetos de engenharia**

Unidade	Métodos de Cálculo <sup>(a)</sup>	Área (m <sup>2</sup> )		Volume de detenção (m <sup>3</sup> )	Vazões de Pré-Ocupação (m <sup>3</sup> /s)	Vazões de Pós-Ocupação (m <sup>3</sup> /s)
		Total	Impermeável			
BD 3	1	311,223	165,365	5,535.13	0.81	2.86
BD 4	1			5,879.76	0.86	3.04
BD 7	1	259,757	181.830 <sup>(b)</sup>	6,250.00	1.39	4.86
BD 16	1	381,567	267.097 <sup>(b)</sup>	7,095.39	2.04	6.02
SBD 4	2	358.048 <sup>(b)</sup>	250,633	2,256.00	1.34	4.35
BD 2	2	305,008	257,051	2,490.00	1.63	6.11
BD 5	2	517,378	288,056	1,500.00	2,77 <sup>(b)</sup>	9,68 <sup>(b)</sup>
BD 6	2			1,092.24		
BD 14	2	800,412	576,399	2,000.00	4,28 <sup>(b)</sup>	12,62 <sup>(b)</sup>
BD 15	2			3,335.00		
BD 19	2	206,407	144,485	1,450.00	1,10 <sup>(b)</sup>	3,86 <sup>(b)</sup>
BD 17	3	265,951	186.166 <sup>(b)</sup>	10,803.45	0,46 <sup>(c)</sup>	3,36 <sup>(c)</sup>
BD 18	3	24,093	16.865 <sup>(b)</sup>	790.65	0,09 <sup>(c)</sup>	0,26 <sup>(c)</sup>

**Legenda:** <sup>(a)</sup> Métodos: 1 = Método Racional (Sugestão DAAE) / 2 = Lei Estadual 12.526/2007 / 3 = Método Racional Modificado; <sup>(b)</sup> Valores calculados por não constarem nos memoriais de cálculo; <sup>(c)</sup> Vazões para I60,10

### Parâmetros de Projetos

Os parâmetros adotados nos projetos para a determinação dos volumes de detenção das BD dependem do método de cálculo empregado para

o dimensionamento das unidades. No Quadro 4 são apresentados os principais parâmetros e critérios adotados para as BD.

**Quadro 4 - Parâmetros de Projeto adotados para as BD**

Unidade	Métodos de Cálculo	t (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	C	
					pré-ocup.	pós-ocup.
BD 3	1	30	10	96.20	0.20	0.71
BD 4	1	30	10	96.20	0.20	0.71
BD 7	1	30	10	96.20	0.20	0.70
BD 16	1	30	10	96.20	0.20	0.59
SBD 4	2	60	10	60.00	0.20	0.65
BD 2	2	60	10	60.00	0.20	0.75
BD 5	2	60	10	60.00	0.20	0.70
BD 6	2					
BD 14	2	60	10	60.00	0.20	N.C.
BD 15	2					
BD 19	2	60	10	60.00	0.20	0.70
BD 17	3	60	10	65.00	0.20	0.70
BD 18	3				0.20	0.59

Legenda: N.C. = Não consta

As unidades de detenção que empregaram o Método 1 adotaram Tempo de Retorno - TR = 10 anos, Duração da Precipitação - t = 30 minutos e, consequentemente, Intensidade de Precipitação - I = 96,20 mm/h. Para o Método 2, os parâmetros foram de I = 0,06 m/h e t = 60 minutos, valores estabelecidos na lei. Por fim, para o Método 3, foram utilizados I = 65 mm/h e t = 60 minutos.

Importante destacar que somente os projetos que empregaram o Método 3 distinguiram o TR e I para o dimensionamento das estruturas da BD. Ou seja, para a determinação do volume de detenção e dimensões do orifício foi adotada  $I_{60,10} = 65$  mm/h (TR=10 anos), enquanto para o cálculo do extravasor utilizou-se  $I_{60,100} = 90$  mm/h (TR = 100 anos).

Quanto aos coeficientes de Runoff - C, foram adotados valores de 0,20 e 0,30 para pré-ocupação e, para pós-ocupação, variou de 0,59 a 0,75. A maioria dos projetos que empregaram o Método 1 realizaram a ponderação desse coeficiente, de acordo com o uso e ocupação do solo do empreendimento.

## 5 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

### 5.1 Volumes de Detenção - Métodos de Araraquara

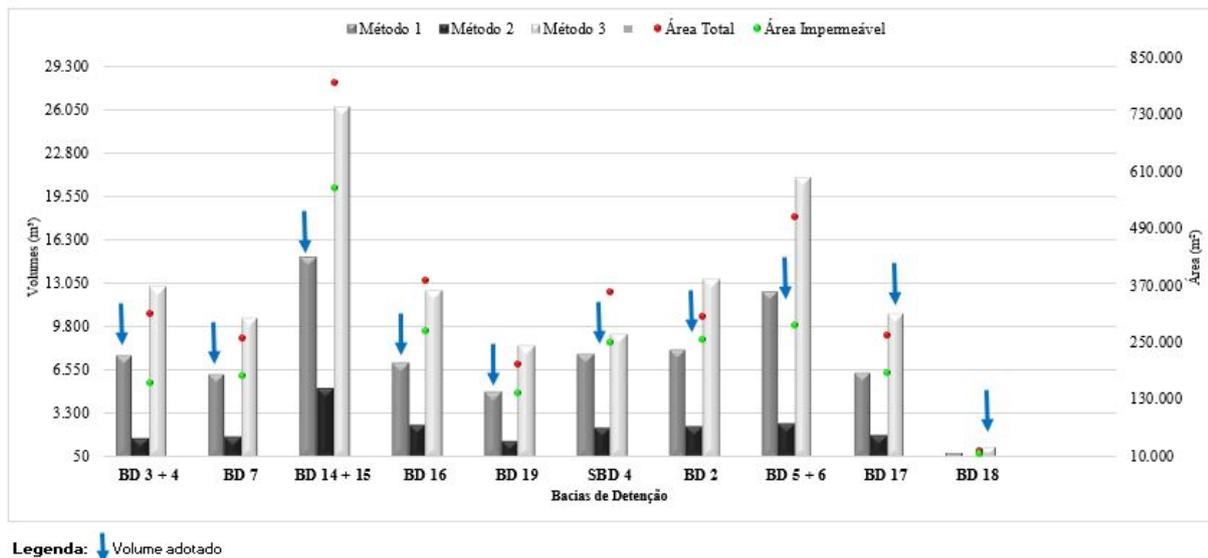
Os volumes de detenção das BD foram calculados pelos Métodos 1, 2 e 3, conforme parâmetros e critérios descritos no item 4.2. Os resultados obtidos pela comparação entre os métodos são apresentados no Quadro 5, com a indicação (cédulas em azul) do volume adotado em projeto.

**Quadro 5 - Comparação entre os Volumes de Detenção das BD**

Método de Cálculo	Volumes de Detenção nas Unidades									
	BD 3 + 4	BD 7	BD 14 + 15	BD 16	BD 19	SBD 4	BD 2	BD 5 + 6	BD 17	BD 18
M1	7,635	6,247	15,015	7,158	4,964	7,750	8,069	12,443	6,396	452
M2	1,488	1,636	5,188	2,473	1,300	2,256	2,313	2,593	1,675	152
M3	12,863	10,553	26,317	12,546	8,385	9,300	13,465	21,018	10,804	792
Diferenças entre os Métodos (%)										
M1 / M2	413	282	189	189	282	244	249	380	282	198
M3 / M1	68	69	75	75	69	20	67	69	69	75
M3 / M2	764	545	407	407	545	312	482	711	545	422

Legenda:  Volume adotado em Projeto

Na Fig. 3 são apresentadas, de forma gráfica, as diferenças e semelhanças entre os métodos.



**Figura 3** - Comparação entre os Métodos 1, 2 e 3: Volumes de Detenção

Observou-se que os volumes de detenção apresentaram diferenças significativas entre os três métodos empregados para o dimensionamento das BD. A partir desses resultados, os métodos foram classificados na seguinte ordem decrescente: Método 3 (Hidrograma MRM); Método 1 (DAAE) e Método 2 (Lei Estadual), sendo o primeiro com os maiores volumes calculados e o último com valores inferiores aos demais métodos. Essa sequência decrescente foi observada em todas as BD analisadas.

Ao comparar os volumes calculados pelos Métodos 3 e 1, notou-se que no primeiro método os valores superaram o segundo na ordem de 67% a 75%, com exceção da SBD4 (20%). Quando essa comparação envolveu o Método 2, as diferenças foram maiores. A comparação entre o Método 3 e 2 demonstrou que os volumes do primeiro eram de 312% a 764% maiores que o outro, enquanto os valores do Método 1, comparados ao Método 2, variaram de 189% a 413%.

Ainda na Fig. 3 são indicadas as áreas totais e impermeáveis de cada BD, indicando que, para

o mesmo empreendimento, os volumes de detenção podem ser bem discrepantes entre si, a depender do método de dimensionamento adotado. Por conta da reduzida quantidade de métodos, esperavam-se volumes mais próximos, sendo essas diferenças observadas superiores às expectativas, mesmo considerando a adoção de critérios e parâmetros distintos em alguns casos.

Ressalva-se que, de uma forma geral, os três métodos utilizados são de fácil aplicação e análise, em especial o Método 2, referente à Lei Estadual nº 12.526/2007. A busca por equações simplificadas, como já descrito, tende a se tornar uma prática comum, em especial para áreas pequenas, como é o caso de loteamentos.

Considerando essa tendência e os métodos de dimensionamento de Araraquara, determinou-se a relação entre o volume de detenção por unidade de área (V/A). Uma maneira simples e ágil de dimensionar as BD, embora haja diferenças conforme a metodologia adotada (Quadro 6).

**Quadro 6** - Relação entre Volume detido e Área para os Métodos 1, 2 e 3 (L/m<sup>2</sup>)

Unidade	BD 3 + 4	BD 7	BD 14 + 15	BD 16	BD 19	SBD 4	BD 2	BD 5 + 6	BD 17	BD 18
Método 1	24.53	24.05	18.76	18.76	24.05	21.65	26.46	24.05	24.05	18.76
Método 2	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Método 3	41.33	40.63	32.88	32.88	40.63	25.97	44.15	40.63	40.63	32.88

A uniformidade da relação entre V/A no Método 2 se justifica pela constância nos parâmetros de projeto instituídos pela Lei Estadual, enquanto as variações observadas para o Método 1 (18,76 L/m<sup>2</sup> a 26,46 L/m<sup>2</sup>) e para o Método 3 (25,97 L/m<sup>2</sup> a 44,15 L/m<sup>2</sup>) podem corresponder aos diferentes valores adotados de C em cada metodologia.

Destaca-se que, conforme apresentado no Quadro 1, alguns municípios utilizam a relação entre volume e área para determinar as dimensões da unidade de retenção. Barros (2015) apresentou o caso de São Carlos-SP, que apresenta relação de 6 L/m<sup>2</sup>, próxima ao obtido para Araraquara com a aplicação do Método 2. Contudo, em São Carlos, essa taxa é aplicada para lotes, e não loteamentos. Outro caso é o de Belo Horizonte, onde a relação de 30 L/m<sup>2</sup> aplica-se ao lote que exceder a taxa de impermeabilização definida pela Lei Municipal 7.166/1996. Portanto, um outro exemplo em que a relação de volume por área

é aplicada ao lote e, no caso de Belo Horizonte, como uma medida adicional.

Esses municípios servem como exemplo para a discussão apresentada no presente artigo, em que o Método 2 de Araraquara, baseado na Lei Estadual, aplica-se à escala de lote e/ou condomínios verticais, onde a indisponibilidade de espaço é maior que em loteamentos.

### 5.1.1 Verificação dos volumes de retenção com parâmetros de projeto iguais

Como observado anteriormente, a diferença entre os métodos de dimensionamento pode ser justificada por conta dos diferentes parâmetros de projeto por cada projetista. Portanto, para verificar se, com o emprego de parâmetros iguais, os métodos apresentam volumes mais próximos, foi elaborado o Quadro 7.

**Quadro 7** - Volumes de retenção com parâmetros de projeto constantes

BD	Áreas (m <sup>2</sup> )		DAAE			LEI ESTADUAL					Hidrograma MRM	
	Total (At)	Impermeável (Ai)	30/96,2/At	60/64,5/At	60/60/Ai	30/96,2/Ai	60/64,5/Ai	60/60/At	30/96,2/At	60/64,5/At	30/96,2/At	60/64,5/At
BD 3+4	311,223	165,365	7,635	10,237	1,488	1,193	1,600	2,801	2,245	3,011	9,905	12,763
BD 7	259,757	181,830	6,247	8,377	1,636	2,624	1,759	2,338	1,874	2,513	8,121	10,471
BD 14 e 15	800,412	576,399	15,015	20,134	5,188	8,317	5,577	7,204	5,775	7,744	20,084	26,114
BD 16	381,567	267,097	7,158	9,598	2,404	3,854	2,584	3,434	2,753	3,692	9,574	12,449
BD 19	206,407	144,485	4,964	6,729	1,300	2,085	1,398	1,858	1,489	1,997	6,453	8,399
SBD 4	358,048	250,633	5,425	7,275	2,256	1,808	2,425	3,222	2,583	3,464	7,133	9,228
BD 2	305,008	257,051	8,069	10,820	2,313	1,855	2,487	2,745	2,201	2,951	10,392	13,361
BD 5+6	517,378	288,056	12,443	16,685	2,593	4,157	2,787	4,656	3,733	5,006	16,176	20,857
BD 17	265,951	186,166	6,396	8,670	1,675	2,686	1,801	2,394	1,919	2,573	8,315	10,822
BD 18	24,093	16,865	452	613	152	243	163	217	174	233	605	794
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

**Legenda:** t / I / A = Duração da chuva (min) / Intensidade da precipitação (mm/h) / Área total (At) ou Área Impermeável (Ai) (m<sup>2</sup>)

Com esses resultados, observa-se que, mesmo mantendo constante os valores de t, I e Ai ou At, os métodos apresentaram diferenças significativas entre si, ainda que menores que as apresentadas no Quadro 5. Por exemplo, comparando os métodos Hidrograma MRM (M3) e

DAAE (M1), no caso da BD 3+4, verificou-se uma aproximação dos volumes de detenção, ou seja, se antes a diferença entre eles variava de 67% a 75% (Quadro 5), depois essa combinação de parâmetros iguais à diferença passou a variar de 29% a 34% (Quadro 8).

**Quadro 8** - Diferenças entre os Métodos com Parâmetros de Projeto Iguais

Parâmetros de Projeto	Método de Cálculo	Diferenças entre os Métodos (%) - Parâmetros de Projeto Iguais									
		BD 3 + 4	BD 7	BD 14 + 15	BD 16	BD 19	SBD 4	BD 2	BD 5 + 6	BD 17	BD 18
30/96,2/At	M1 / M2	240	233	160	160	233	110	267	233	233	160
	M3 / M1	30	30	34	34	30	31	29	30	30	34
	M3 / M2	341	333	248	248	333	176	372	333	333	248
60/64,5/At	M1 / M2	240	233	160	160	237	110	267	233	237	163
	M3 / M1	25	25	30	30	25	27	23	25	25	29
	M3 / M2	324	317	237	237	321	166	353	317	321	241

Legenda: M1 = DAAE; M2 = LEI ESTADUAL; M3 = HIDROGRAMA MRM

De uma forma geral, o emprego de parâmetros de projeto iguais para métodos distintos resultou em uma redução na diferença de volumes de detenção entre eles. Isso reforça a hipótese sobre a importância de padronizar parâmetros hidrológicos para o dimensionamento das BD numa mesma cidade.

### 5.2 Comparação com equações de outras cidades

No intuito de verificar e comparar as metodologias de Araraquara com outros municípios que também empregam métodos simplificados para

loteamentos, foram selecionadas as cidades do Rio de Janeiro-RJ, Curitiba-PR, Porto Alegre-RS, São José do Rio Preto-SP e São Carlos-SP (loteamento). A escolha desses municípios baseou-se nos estudos realizados por Barros (2015).

Para cada metodologia foram aplicados os parâmetros de projetos empregados nas BD do Município de Araraquara, como os valores de áreas total e impermeável e, quando solicitada, as vazões de pré e pós urbanização para intensidade de 96,20 mm/h (Tr = 10 anos e t = 30 minutos) e/ou 64,50 mm/h (Tr = 10 anos e t = 60 minutos) (Quadro 9).

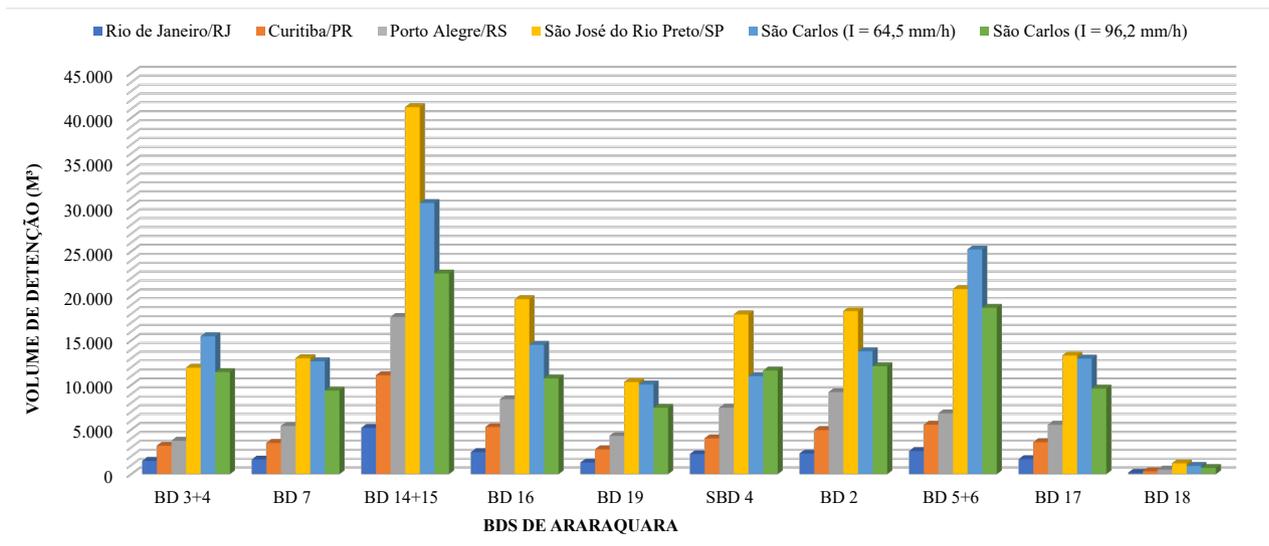
**Quadro 9** - Volumes de Detenção (m³) calculados pelas Equações de outros dos Municípios, com dados das BD de Araraquara

Unidade	VOLUMES DE DETENÇÃO (m³)					
	Rio de Janeiro/RJ	Curitiba/PR	Porto Alegre/RS	São José do Rio Preto/SP (Ai > 40%)	São Carlos/SP	
	h=0,06 m/Tr=10 anos/ t=1 h	I=0,08 m/h/Tr=10 anos/ t=1h			I=64,5 mm/h/Tr=10 anos / tc=t=60min	I=96,20 mm/h/Tr=10 anos / tc=t=30min
BD 3+4	1,488	3,182	3,734	11,942	15,476	11,452
BD 7	1,636	3,498	5,409	13,007	12,663	9,371
BD 14+15	5,188	11,090	17,641	41,198	30,436	22,522
BD 16	2,473	5,286	8,407	19,636	14,509	10,737
BD 19	1,300	2,780	4,298	10,336	10,062	7,446
SBD 4	2,256	4,010	7,456	17,929	10,997	11,625
BD 2	2,313	4,946	9,207	18,294	13,784	12,103
BD 5+6	2,593	5,542	6,816	20,766	25,222	18,664
BD 17	1,675	3,582	5,538	13,317	12,965	9,594
BD 18	152	324	502	1,206	916	678
(1)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Legenda: h = altura máxima de precipitação (m); Tr = tempo de retorno (anos); t = duração da chuva (min ou h)

As equações do Rio de Janeiro-RJ e Curitiba-PR se assemelham à Lei Estadual Paulista, exceto quanto aos valores de  $k$ , que em Curitiba é de 0,20, e para as demais cidades é de 0,15; e do uso da altura da precipitação -  $h$ , no Rio de Janeiro, em vez da intensidade de precipitação. Para os municípios de Porto Alegre-RS e São José do Rio Preto-SP, o cálculo do volume de retenção tem como variável o percentual de área impermeabilizada dos empreendimentos.

A metodologia para as BD de São Carlos se assemelha aos Métodos 1 (DAAE) e 3 (MRM) de Araraquara, tendo como conceito o método do Hidrograma para calcular o volume necessário a deter. Entretanto, há diferença entre eles quanto ao tempo de recessão ( $t_e$ ) do hidrograma. O Método 1 considera  $t_e = t_c$ ; São Carlos considera  $t_e = 2 t_c$ ; e o Método 3 apresenta  $t_e = 3 t_c$ .



**Figura 4** - Comparação entre os volumes de retenção calculados com equações do Rio de Janeiro-RJ, Curitiba-PR, Porto Alegre-RS, São José do Rio Preto-SP e São Carlos-SP

A partir da Fig. 4 observou-se que as metodologias do Rio de Janeiro-RJ e de Curitiba-PR, semelhantes à Lei Estadual Paulista, foram as que apresentaram os menores volumes de retenção para todos os casos de BD estudadas. Essa tendência foi observada na comparação entre os Métodos de Araraquara, em que o Método 2 resultou nos menores valores.

No caso do Município de São José do Rio Preto, os volumes calculados foram os maiores nas BD

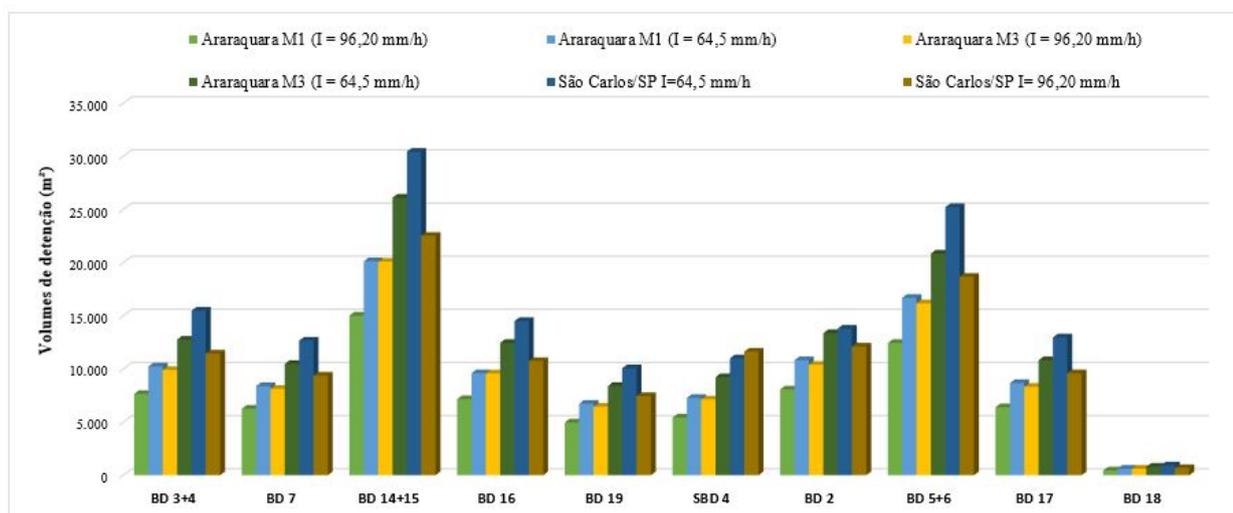
7, 14+15, 16, 2, 17 e 18. Seguidos dos resultados obtidos para São Carlos -  $I = 64,5 \text{ mm/h}$  e São Carlos -  $I = 96,20 \text{ mm/h}$ ; e dos volumes calculados pelo método de Porto Alegre/RS.

A fim de analisar volumes obtidos por hidrogramas com tempo de recessão diferentes, compararam-se ainda os Métodos 1 (DAAE) e 3 de Araraquara (Hidrograma MRM) com a metodologia de São Carlos (Quadro 10 ou Fig. 5).

**Quadro 10** - Comparação entre os Métodos 1 e 3 de Araraquara com o Método de São Carlos-SP

BD	Araraquara				São Carlos/SP	
	M1 (I = 96,20 mm/h)	M1 (I = 64,5 mm/h)	M3 (I = 96,20 mm/h)	M3 (I = 64,5 mm/h)	I=0,0645m/h / Tr=10anos / tc=t=60 min	I=0,0962m/h / Tr=10anos / tc=t=30 min
BD 3+4	7,635	10,237	9,905	12,763	15,476	11,452
BD 7	6,247	8,377	8,121	10,471	12,663	9,371
BD 14+15	15,015	20,134	20,084	26,114	30,436	22,522
BD 16	7,158	9,598	9,574	12,449	14,509	10,737
BD 19	4,964	6,729	6,453	8,399	10,062	7,446
SBD 4	5,425	7,275	7,133	9,228	10,997	11,625
BD 2	8,069	10,820	10,392	13,361	13,784	12,103
BD 5+6	12,443	16,685	16,176	20,857	25,222	18,664
BD 17	6,396	8,670	8,315	10,822	12,965	9,594
BD 18	452	613	605	794	916	678

Legenda: M1 = DAAE; M3 = HIDROGRAMA MRM

**Figura 5** - Comparação entre os Métodos 1 e 3 de Araraquara com o Método de São Carlos-SP

Com essas análises, reforça-se o questionamento sobre qual o volume necessário para amortecer as vazões de pico e qual dos métodos é o mais indicado para as características locais de Araraquara.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados e nas discussões apresentados, foram observadas diferenças entre os volumes de detenção das BD implantadas em Araraquara. Dentre os três métodos comparados, o Método 3 foi o que apresentou maiores volumes de detenção e o Método 2, estabelecido

pela Lei Estadual nº 12.526/2007, resultou nos menores valores.

O Método 2, inclusive, merece maior atenção em seu emprego para a determinação dos volumes de detenção para loteamentos. A minoração dos volumes obtidos por esse método junto com as observações de Barros (2015) e Nakazone (2005) reforçam a hipótese de que esse método deva ser adotado em lote ou condomínios verticais em que há pouca disponibilidade de área.

Os Métodos 1 e 3 também apresentaram diferenças entre si, mas ambos fazem uma análise de uso e ocupação do solo antes e depois do proces-

so de urbanização, buscando prever o acréscimo de escoamento superficial e assim amortizar as vazões de pico. Análise não incorporada no Método 2 que considera somente as áreas impermeáveis para a geração do escoamento.

Esse cenário de discrepâncias entre os volumes de retenção tem como fator primário a ausência de um método padronizado e único para esses dimensionamentos, escolhido pelo órgão fiscalizador. Para Nogueira e Giacchetti (2014), a padronização de um processo faz com que a execução das atividades seja mais uniforme, tornando os resultados cada vez mais confiáveis, permitindo a observação e correção de erros dentro do processo, o que tende à melhoria contínua.

O segundo fator é o emprego de parâmetros de projeto distintos ou ausentes, como por exemplo, o coef. C no Método 2. Como Barros (2015) relata, a simplificação dos métodos de dimensionamento das BD é uma tendência, mas deve-se atentar para as características da localidade e trazer transparência quanto aos parâmetros e estudos utilizados para a formulação do método.

É certo que a ausência de estudos posteriores à implantação das BD dificulta a análise de sua eficiência e desempenho reais. No entanto, no caso de Araraquara, em que já há esse conjunto de BD em funcionamento, estudos específicos nesse sentido permitiriam o desenvolvimento de um método simplificado e específico para as condições locais.

Portanto, recomendam-se estudos específicos sobre o dimensionamento e o desempenho hidrológico das BD em casos reais. E da formulação e implementação de normas técnicas e de uma legislação municipal específica, que trate sobre a obrigatoriedade da implantação das BD, bem como do processo de dimensionamento dessas unidades.

Araraquara e o DAAE avançam ao incorporar as BD no manejo das águas pluviais. No entanto, as diferenças observadas entre os volumes de retenção indicam a necessidade de melhorias no processo de dimensionamento para garantir a confiabilidade e a eficiência de operação das BD, além da redução nos custos envolvidos com a implantação e manutenção.

## 7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

## 8 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Conceitualização:** Peroni, CSL; **Metodologia:** Peroni, CSL e Teixeira, BAN; **Investigação:** Peroni, CSL; **Redação & Primeira versão:** Peroni, CSL; **Redação Final, Revisão & Supervisão:** Teixeira, BAN.

## 9 REFERÊNCIAS

- BARROS, V. D. S. de. **Proposta de metodologia para a determinação de equações para o dimensionamento de retenção distribuída.** Dissertação (Mestrado). Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 136f. 2015.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Hidrologia Básica.** Curso de Capacitação: Apostila, s/d. Disponível em: [https://capacitacao.ana.gov.br/conhecer/bitstream/ana/2514/1/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecer/bitstream/ana/2514/1/Unidade_1.pdf). Acesso em 02 mai 2021.
- CURITIBA. **Decreto Municipal de Curitiba nº 1733/2020 – “Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias para retenção e/ou retenção de águas pluviais.”** Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2021/00310448.pdf>. Acesso em: 05 set 2021.
- DAAE – Departamento Autônomo de Água e Esgoto. **Onde Atuamos.** Araraquara, SP. Disponível em: <https://daeararaquara.com.br/eta-fonte/>. Acesso em 07 mar 2021.
- DAAE – Departamento de Águas e Energia Elétrica; CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo, 2016, 246p.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 305 p. 2005.

PERONI, C. S. L. **Avaliação de Bacias de Detenção na Gestão de Águas Pluviais em Araraquara, SP.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. 245p. 2018.

PORTO ALEGRE, Cidade. **Decreto nº 18.611/2014 – “Regulamento o controle da drenagem urbana e revoga os itens (...)”.** Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000033997.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsiirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>. Acesso em: 05 mai 2021.

RIO DE JANEIRO, Cidade. **Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001/2005 – “Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto**

**nº 23940/2004.”** Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/documents/91265/148105/21\\_ResConjsmsgsmosmu01-05-Dec23940.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/documents/91265/148105/21_ResConjsmsgsmosmu01-05-Dec23940.pdf). Acesso em: 02 set 2021.

RODRÍGUES, C. A. M. **Avaliação de Bacias de Detenção de Águas Pluviais Implantadas no Município de São Carlos/ SP.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. 179p. 2019.

SÃO CARLOS, Estado de São Paulo. **Lei nº 13.246/2003.** Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/habitacao-morar/155516-legislacao-urbanistica-e-construtiva.html>. Acesso em: 29 mar 2021.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE. **Informações dos Municípios Paulistas.** Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil>. Acesso em: 28 mar 2021.