

Efeito do uso de microrreservatório na redução dos diâmetros das redes de microdrenagem

Effect of the use of micro-cisterns in the reduction of network microdrainage diameters

Sara Ceron Hentges

Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
shceron9@gmail.com

Rutinéia Tassi

Discente do Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental
Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
ruti@ufsm.br

Resumo

O desenvolvimento urbano afeta o escoamento natural das águas pluviais, tornando os sistemas de drenagem urbana insuficientes à medida que aumentam as áreas impermeabilizadas da bacia. Uma das soluções em estudo é a utilização de microrreservatórios (MRs) em lotes visto que são uma ação no combate a enchentes além de reduzir o consumo de água para fins não potáveis. No entanto, ainda não existem estudos conclusivos a respeito dos reais benefícios que o armazenamento da água da chuva tem sobre as redes de microdrenagem urbana. Portanto, esse trabalho teve por objetivo considerar a utilização e a não utilização de MRs de lotes em uma bacia urbana verificando as reduções geradas nas vazões escoadas para a rede de microdrenagem pluvial e o impacto no seu dimensionamento. Para isso, foi realizada a montagem e simulação numérica de uma bacia urbana hipotética com 194 ha, baseada em características de uma bacia real de Porto Alegre, representando de forma detalhada todos os planos de escoamento existentes em uma área urbana e os diversos segmentos da microdrenagem. Para dimensionar os MRs foi utilizado o Decreto nº 15.371 de 17 de novembro de 2006 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Segundo os resultados obtidos, nota-se que a utilização de MRs em lotes tem grande influência no dimensionamento da rede de microdrenagem, observando-se que ocorreram reduções significativas nos diâmetros, reduzindo os volumes descarregados na rede de microdrenagem e o pico das vazões.

Palavras-chave: microrreservatórios; dimensionamento; redes de microdrenagem..

Abstract

Urban development changes natural runoff behavior, making stormwater drainage systems insufficient due to increasing impervious areas. One solution actually considered for minimize floods are on-site detentions (lots' micro reservoirs - MRs) that besides stormwater control allow rainwater collection for non-potable needs. However, the real benefits that on-site detentions have over microdrainage systems are shallowly studied. Therefore, this work presents an analysis performed in an urban basin evaluated under a firts condition that do not applied MRs in the lots, and under a second condition where MRs were considered in the lots, searching for answers about flow reduction and its impact on the drainage system design. For this purpose, characteristics of a real Brazilian basin were used to create a hypothetical basin with 194 ha, in which urban surfaces and microdrainagem systems were detailed represented. MRs were designed according to the Porto Alegre city's Decree law 15.371/2006. Results found in this study showed that MRs can exert great influence on sizing of microdrainage system network, whit significant reductions in the pipes diameters and peak flows reached through the drainage.

Keywords: micro-reservoirs, sizing, micro drainage network.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional no Brasil tem sido significativo ao longo das últimas décadas, concentrando-se principalmente nos grandes centros urbanos, formando as regiões metropolitanas, onde o processo de urbanização, na maioria das vezes, ocorre de forma desordenada e irregular, conduzindo a sucessivos problemas em relação aos processos hidrológicos.

Com o desenvolvimento urbano, e a nova ocupação do solo, o escoamento natural das águas pluviais acaba sendo afetado, tornando os sistemas de drenagem urbana insuficientes à medida que aumentam as áreas impermeabilizadas da bacia hidrográfica (Tassi, 2002).

Para evitar o problema da introdução de redes de drenagem cada vez maiores, algumas cidades de vários países vêm utilizando-se de técnica de amortecimento do volume do escoamento superficial, através de dispositivos como tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou enterrados, entre outros (Tucci et al., 1995).

Algumas cidades já estão incorporando em seus Planos Diretores de Drenagem Urbana a obrigatoriedade do uso de dispositivos para o controle do escoamento pluvial o mais próximo possível junto à fonte geradora. Esta prática considera que o controle do escoamento deve ser feito no local onde tem origem repassando, assim, a responsabilidade para aqueles que produzem alterações nos aspectos quali-quantitativos das águas pluviais no meio urbano (Drumond et al., 2011).

Nesse contexto, uma das soluções em estudo, e já bastante difundida em países como Estados Unidos, Reino Unido, França, Austrália, Japão, Índia e Alemanha, é a utilização de microrreservatórios (MRs) em lotes (Aladenola e Adeboye, 2010), visto que além de ser uma ação no combate a enchentes, ainda reduz o consumo de água potável. A utilização desses dispositivos de controle na fonte tem caráter estrutural e o objetivo é de reduzir e retardar o pico das vazões oriundas do escoamento das áreas impermeabilizadas, buscando melhorar/recuperar a

capacidade de infiltração da água no solo, sempre que possível (IPH/DEP, 2005).

No Brasil, o uso de reservatórios individuais é uma alternativa crescente, sendo previsto, recomendado ou obrigatório na legislação de diversos municípios brasileiros, como Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo, dentre outros (Baptista et al., 2005). A utilização de MRs em lotes, além de permitir o armazenamento da água pluvial gerada, e proporcionar o lançamento de vazões menores no sistema de drenagem, permite, ainda, a possibilidade do aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis (Drumond et al, 2011).

No entanto, ainda não existem estudos conclusivos a respeito dos reais benefícios que a captação da água da chuva tem sobre as redes de microdrenagem urbana, conforme estudos já realizados por Urbonas (1999), e ainda persiste a dúvida sobre a eficácia do armazenamento na gestão do escoamento de águas pluviais.

Objetivando responder a estas dúvidas, esse trabalho apresenta os resultados obtidos para uma análise conduzida no sentido de avaliar o efeito na redução das vazões de uma bacia hidrográfica urbana, gerado pela utilização de microrreservatórios de lote e, principalmente, avaliar a real redução do diâmetro das redes de microdrenagem.

Esse trabalho teve por objetivo verificar a diferença nas vazões escoadas e nos diâmetros das redes de microdrenagem pluvial nas situações sem o uso de microrreservatórios (MRs) e com o uso de MRs de lotes em uma bacia hidrográfica urbana.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Característica e montagem da bacia hipotética e lotes simulados

Para representar os problemas relativos à drenagem urbana, em um contexto real, e quantificar os impactos obtidos com a utilização dos microrreservatórios nos lotes, foi realizada a montagem e simulação numérica de uma bacia urbana hipotética, baseada em características de uma bacia real.

Para definir as características da bacia hipotética, utilizou-se uma bacia urbana da cidade de Porto Alegre/RS, na qual foi mantida a área, topografia, configuração da rede de macrodrenagem e a forma, procurando distribuir os lotes de maneira a cobrirem a superfície da bacia a ser simulada obedecendo à configuração da bacia real.

Na bacia urbana hipotética (Figura 1) foram contemplados os diversos segmentos das redes de microdrenagem e macrodrenagem, representando de forma detalhada todos os planos de escoamento existentes em uma área urbana.

A bacia hipotética possui lotes padrão de 300m² e contém a representação detalhada de todos os possíveis planos de escoamento (telhados, calçadas, jardins, passeios públicos e ruas), incluindo o sistema de redes de microdrenagem (bueiros, galerias e sarjetas). A composição final da bacia hipotética possui aproximadamente 59% de área impermeável (Tassi, 2002), com uma área de 194 ha, 191 quarteirões, cada um com 24 lotes de 300 m², totalizando 4584 lotes, com uma extensão de redes de microdrenagem de 2802 m (ver representação na Figura 1 e padrão dos lotes na Figura 2).

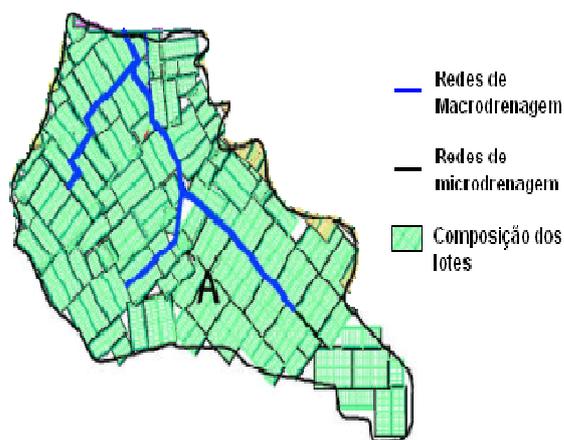


Figura 1 - Configuração da bacia simulada.
Fonte: autoras, 2013.

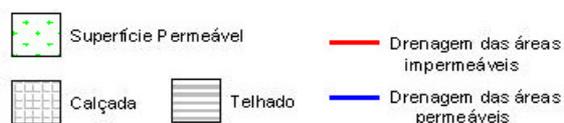
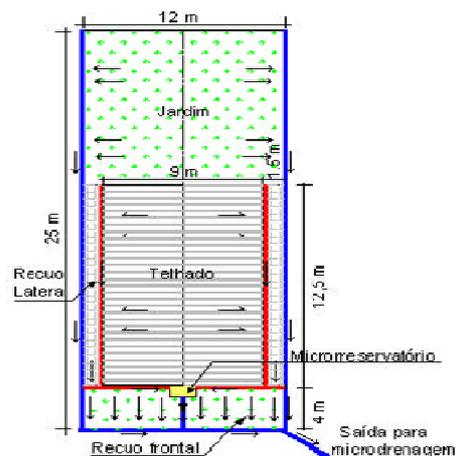


Figura 2 – Padrão dos Lotes.
Fonte: autoras, 2013.

Para fazer a simulação das superfícies contempladas em detalhe na montagem da bacia, houve a necessidade da utilização de um modelo no qual fosse possível a representação dos diferentes planos de escoamento e redes de microdrenagem. O escoamento superficial gerado nos diferentes planos de escoamento foi determinado com a metodologia do Curve Number do SCS, e a propagação do escoamento superficial e no interior das redes de microdrenagem foi realizada com um modelo de onda cinemática (modelo Schaake, 1971 modificado por Tassi, 2002). O mesmo modelo modificado permitiu a propagação do escoamento no interior dos microrreservatórios, por meio da introdução do algoritmo de Puls. Este modelo foi utilizado para a realização das simulações da bacia nas duas situações: com o uso de MRs em lotes e sem o uso de MRs nos lotes.

2.2 Critérios de dimensionamento das redes de microdrenagem e microrreservatórios (MRs)

Para dimensionar o MR que deveria ser instalado em cada lote para o controle do escoamento pluvial foram consideradas as diretrizes do Decreto nº 15.371 de 17 de novembro de 2006 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. De acordo com este Decreto, as características do reservatório devem ser tais que mantenham uma vazão máxima na saída do lote equivalente a 20,8 L/seg/ha. Para isso, o próprio

Decreto sugere que seja utilizado um volume de armazenamento dado pela equação 1.

$$V = 4,25 \cdot A \cdot AI \quad [1]$$

onde:

V: volume em m³;

A: área drenada para jusante do empreendimento (ha);

AI: área impermeável que drena a precipitação para os condutos pluviais (% da área total A).

Para o dimensionamento das redes de microdrenagem da bacia hipotética foi utilizada a chuva de projeto obtida a partir da equação de Intensidade-Duração-Frequência do posto localizado no aeroporto da cidade de Porto Alegre. Como critério de projeto, foi utilizado um tempo de retorno de 10 anos com uma duração de 1 hora.

Com a finalidade de dimensionar as redes de microdrenagem foi realizada uma sequência de simulações, considerando de modo inicial, o lote sem o uso de MRs. Sendo primeiramente, testado o menor diâmetro comercial para cada trecho, começando com diâmetros de 30 cm, sempre de montante para jusante, e observando a cada simulação, se havia ocorrência ou não de extravasamento, sendo ajustado os diâmetros até acomodar a vazão gerada no sistema.

Depois de dimensionar as redes de microdrenagem sem o uso dos MRs, foi realizado o dimensionamento dos MRs a serem utilizados em cada lote. Para isso, buscou-se utilizar um reservatório retangular com um descarregador de fundo, e um dispositivo de saída na parte superior, tipo vertedor.

Para encontrar as dimensões ideais do MR, foram feitas simulações através de tentativas, sempre otimizando altura, comprimento, largura, vertedor e o descarregador de fundo do MR, até atingir a vazão de restrição admissível na saída do lote, para chuvas de 10 anos de TR com 1 hora de duração. Durante o dimensionamento, foram evitadas alturas superiores a 1m, de modo a facilitar o acesso para a manutenção, lembrando que na maioria das vezes os

MRs ficam enterrados, e também devido à dificuldade encontrada para fazer a conexão destas estruturas com a rede de drenagem pluvial pública.

Com o dimensionamento do MR pronto, garantindo-se que a vazão gerada na saída do lote estava atendendo ao limite estabelecido no Decreto Municipal de Porto Alegre, uma nova sequência de simulações foi realizada, considerando agora a instalação do mesmo em cada lote. As redes de drenagem foram, então, da mesma forma, redimensionadas para a nova vazão gerada, buscando reduzir os diâmetros sempre que possível sendo verificada a cada simulação a troca dos diâmetros no sistema.

Ao final do processo, foram analisados, trecho a trecho das redes de microdrenagem, os diâmetros comerciais que poderiam ser utilizados nas duas situações, bem como as vazões máximas propagadas em cada trecho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi realizada a simulação para dimensionamento das redes de microdrenagem. O processo de dimensionamento foi realizado trecho a trecho, de montante para jusante. Procurou-se manter o menor diâmetro comercial possível em cada trecho, garantindo que não houvessem problemas relacionados à falta de capacidade hidráulica das redes de drenagem.

Uma vez realizado o dimensionamento das redes de microdrenagem, foi determinado o volume necessário para o MR e a vazão máxima de saída do lote, que resultaram em 6,5 m³ e 0,62 L/s, respectivamente. Esse volume foi considerado, inicialmente, como o necessário para garantir a vazão de restrição nos lotes.

Durante a simulação, no entanto, verificou-se que seria possível utilizar um MR retangular com um volume de 5m³ (2,5m x 2,5m x 0,8m), com um descarregador de fundo (orifício) com diâmetro de 0,18m, que atenderia à vazão de restrição prevista no Decreto, descrita anteriormente. Para isso, foram testadas no modelo, diferentes dimensões para o reservatório e para o descarregador de fundo, observando-se a cada simulação se a vazão de

restrição era mantida no lote. Observa-se que o volume necessário para manter a vazão de restrição foi inferior ao obtido mediante a aplicação da equação do decreto, justamente pelo fato de estar sendo considerado o esvaziamento do reservatório durante a simulação – fator não considerado na equação.

Após os MRs serem dimensionados mediante simulação e ser verificada a manutenção da vazão de restrição nos lotes, as redes de microdrenagem

foram redimensionadas, seguindo o mesmo critério de manutenção do menor diâmetro comercial possível, sem comprometimento da capacidade hidráulica das redes de drenagem.

Na sequência do processo, foi realizada uma análise comparativa dos diâmetros das redes, conforme é apresentado na Figura 3.

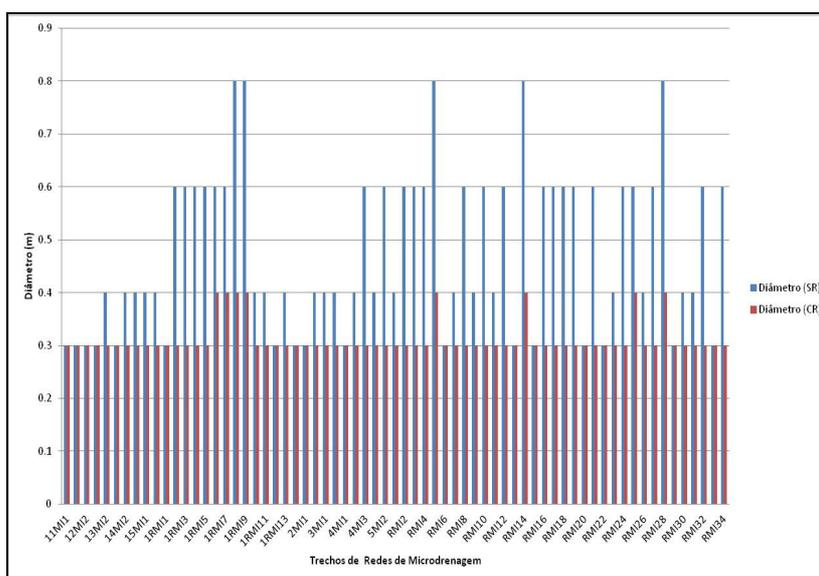


Figura 3 – Comparação de diâmetros dos trechos de redes de microdrenagem com MRs(CR) e sem MRs(SR).
Fonte: autoras, 2013.

Para se ter uma visualização melhor da área de contribuição de cada trecho da rede de microdrenagem apresentado na Figura 3, é

apresentado na Figura 4, um gráfico de barras, que mostra o número de quarteirões que contribuem para cada um dos trechos.

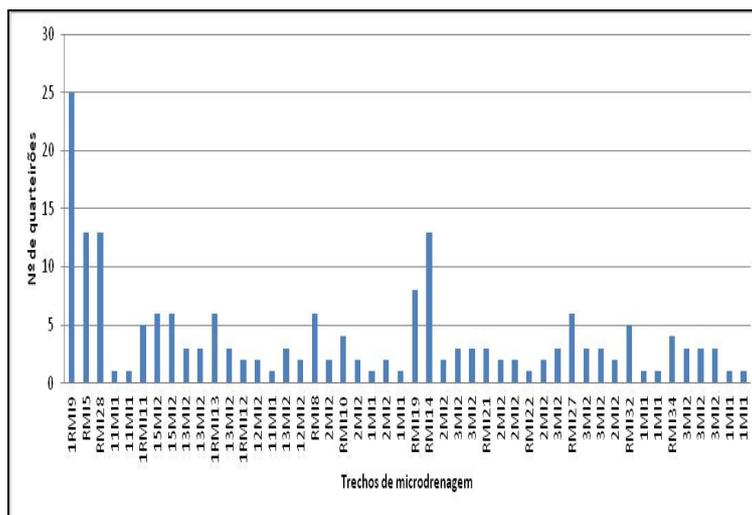


Figura 4 – Discretização do número de quarteirões por trechos da rede de microdrenagem. Fonte: autoras, 2013

Destaca-se que os trechos de rede que começam com a letra M, são trechos localizados no início da rede, recebendo contribuição de poucos quarteirões, como os trechos 11MI1, 12MI2, 13MI2, 1MI1, 2MI2 e, portanto, recebem uma vazão menor do que os trechos denominados com a letra R, que recebem contribuição de um número maior de quarteirões (RM14, RM128, RMI5, 1RM19).

Pode-se observar na Figura 3, que os diâmetros das redes de microdrenagem apresentam uma considerável redução quando os MRs são implantados nos lotes. Nos trechos de redes de microdrenagem que estão “nas pontas do sistema” (trechos 11MI1 até 15MI2 e trechos 1MI1 até 5MI2), verifica-se que os diâmetros não apresentam alterações, já que as vazões são pequenas e, nas duas situações é possível utilizar o diâmetro nominal mínimo de 30 cm, que é comercializado no Brasil.

No restante dos trechos, principalmente a jusante do sistema (trechos 1RM16 até 1RM19 e trechos RMI5, RMI14, RMI25 e RMI28, nota-se que foi possível reduzir significativamente os diâmetros, sendo que em alguns trechos passou-se do diâmetro de 80 cm para 40 cm (redução de dois diâmetros comerciais), quando os MRs foram instalados. Percebe-se, também, que com a utilização dos MRs, foi possível manter a maioria dos trechos com diâmetros mínimos de 30 cm, sendo que o maior diâmetro

utilizado foi de 40 cm nos trechos mais próximos às redes de macrodrenagem.

Com relação aos trechos situados mais a montante do sistema simulado, verifica-se que, embora não tenha sido possível reduzir o diâmetro das redes de drenagem devido às limitações comerciais, as vazões propagadas nestes trechos tiveram reduções consideráveis, como se verifica na sequência de hidrogramas da Figura 5 (somente para alguns trechos). As vazões apresentadas correspondem àquelas propagadas nos trechos 11MI1, RMI34, RMI27, RMI19, RMI14 e 1RM19, que possuem, respectivamente, como contribuição o seguinte número de quarteirões 1, 4, 6, 8, 13 e 25. Verificando-se que no trecho 11MI1, com menor contribuição, a diminuição na vazão gerada foi de aproximadamente 0,05 m³/s e no trecho 1RM19, com maior contribuição, a vazão gerada teve uma diminuição de aproximadamente 1 m³/s, onde pôde-se reduzir o diâmetro comercial de 80 cm para 40 cm.

Efeito do uso de microrreservatório na redução dos diâmetros das redes de microdrenagem

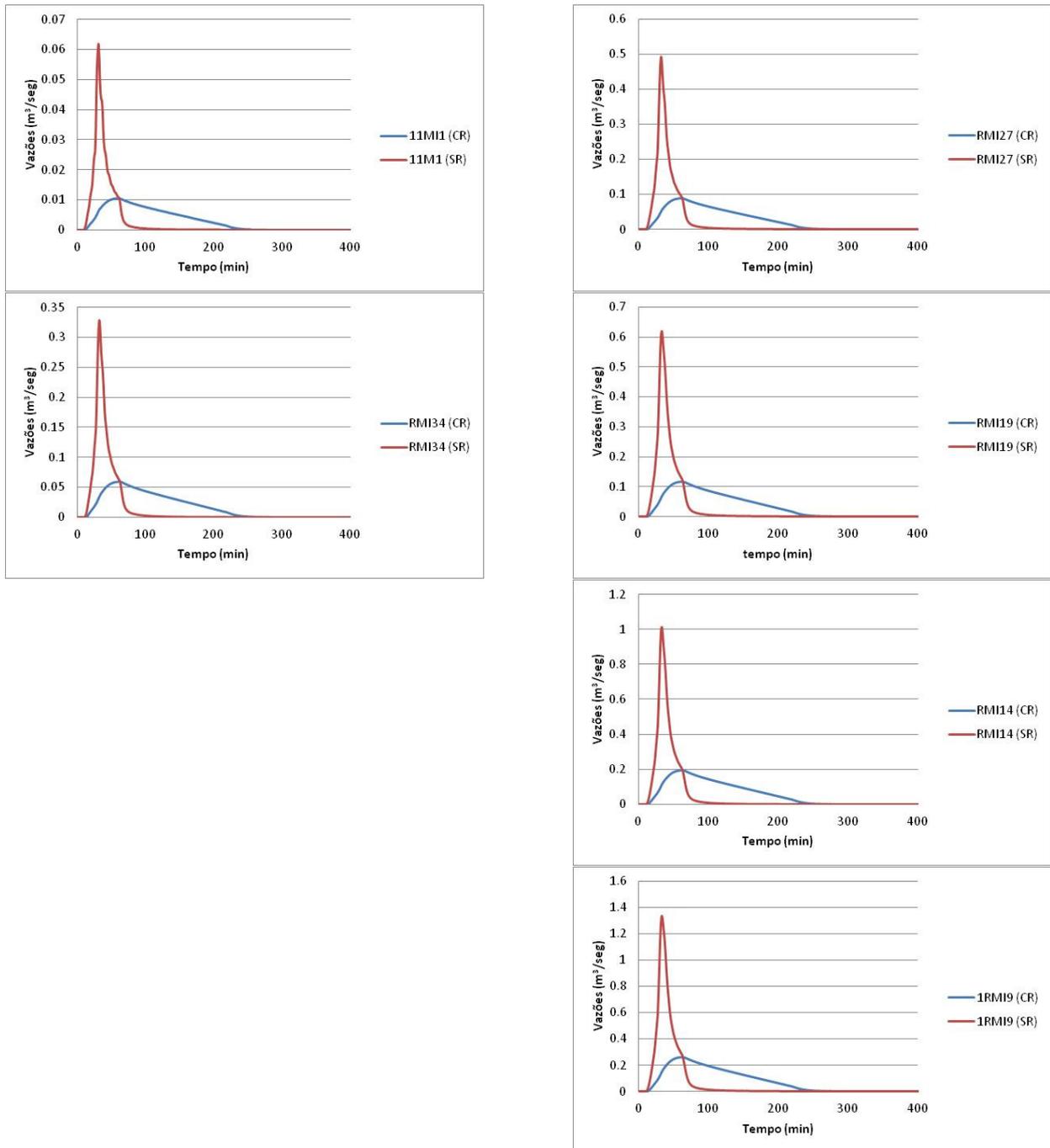


Figura 5 – Comparação das vazões geradas nos trechos 11MI1, RMI34, RMI27, RMI19, RMI14 e 1RMI9 com (CR) e sem (SR) o uso de microrreservatório nos lotes.

Fonte: autoras, 2013.

Desta forma, observa-se que em todos os trechos, independentemente do número de quarteirões de contribuição, ocorre uma significativa redução nas vazões geradas com a utilização de MRs nos lotes, o que é benéfico do ponto de vista dos sistemas de redes de drenagem, tanto pela possibilidade de

adoção de menores diâmetros, como pela menor velocidade de propagação do escoamento.

4. CONCLUSÕES

Segundo os resultados obtidos, nota-se que a utilização de MRs em lotes tem grande influência no dimensionamento da rede de microdrenagem,

observando-se que ocorre redução nos diâmetros das canalizações com o uso destes dispositivos.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que foi mantido um mínimo diâmetro comercial de 30 cm em grande parte da rede de microdrenagem quando os MRs foram implementados nos lotes da bacia hipotética com uma área de 194 ha. É importante destacar, também, que além da redução dos diâmetros, ocorreram reduções consideráveis nas vazões geradas nos trechos, com a utilização dos MRs nos lotes.

A utilização de redes de microdrenagem com diâmetros menores promove uma diminuição nos custos de aquisição e implantação das obras de construção das redes, já que a canalização terá um diâmetro menor, os custos mesmo que ainda não calculados, são significativamente reduzidos. Além disso, a utilização de menores diâmetros demanda menor espaço físico para a implementação, o que se traduz em menores transtornos e custos com eventuais desapropriações que possam se fazer necessárias.

Especificamente para o caso da cidade de Porto Alegre, verifica-se que a vazão de restrição a ser mantida na saída do lote é bastante restritiva, exigindo a instalação de descarregadores de fundo com diâmetros realmente reduzidos, como o obtido neste estudo. No entanto, a manutenção da vazão de restrição abaixo do valor preconizado no Decreto garante uma significativa redução das vazões escoadas e custos com sistemas de redes de microdrenagem.

Não foi avaliado neste estudo, mas a cidade de Porto Alegre já possui legislação específica que obriga o aproveitamento de água da chuva em novos empreendimentos. Portanto, se o cenário analisado contemplasse a captação e aproveitamento de água da chuva, é possível que diâmetros ainda menores pudessem ser empregados.

Portanto, a utilização de MRs em lotes traz benefícios ambientais e organizacionais no que diz respeito às soluções para o escoamento em áreas urbanas, diminuindo o volume das vazões descarregadas na rede de microdrenagem e gerando

argumentos de aplicação por parte dos gestores públicos.

5. AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento a Capes, fomentadora da minha bolsa de mestrado e pela oportunidade de dedicação exclusiva aos estudos.

Referências Bibliográficas

ALADENOLA, O. O. and ADEBOYE O. B. **Assessing the Potential for Rainwater Harvesting**. Journal: Water Resources Management. Vol 24, p. 2129-2137, 2010.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 266 p., 2005.

DRUMOND, P. P.; COELHO, M. M. L. P.; MOURA, P. M. **Análise do Volume de Reservação de Reservação de Águas Pluviais em Lotes: Comparação do Caso de Belo Horizonte com Outras Cidades Brasileiras**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Maceió, AL, 2011.

IPH/DEP. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Prefeitura Municipal, Porto Alegre: UFRGS/IPH, 9V, 2005.

PORTO ALEGRE. Decreto 15.371 de 17 de novembro de 2006. **Regulamenta o controle da drenagem urbana**. Porto Alegre, 2006.

SHAAKE, J. C. **Modeling Urban Runoff as a Deterministic Process**. In: **Treatise Urban Water Systems**. Colorado State University, p. 343-401, 1971.

TASSI, R. (2002). **Efeito dos Microrreservatório de lote sobre a Macrodrenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 132 f. Dissertação de mestrado, 2002.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH. Ed: UFRGS, 1995.

URBONAS, B. **Two Decades of Stormwater Management Evolution**. Urban Drainage Symposium, Belo Horizonte, Brazil, November, 1999.