



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE LOTE PARA REDUÇÃO DO VOLUME DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA CIDADE DE BARREIRAS, BA

Neilza Nogueira da Silva¹; Jonathas Alves da Cruz² & Luís Gustavo Henriques do Amaral³

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade de instalação de reservatórios de lote para reduzir o volume de escoamento superficial gerado na zona urbana de Barreiras, BA, a níveis de pré-desenvolvimento. Uma microbacia foi delimitada a partir de dados altimétricos da missão SRTM, e sua área foi classificada em função do uso e da ocupação do solo. Foram estimadas precipitações efetivas para chuvas de projeto de 5 a 60 minutos de duração, com 20 anos de período de retorno, para as condições de ocupação atual e de pré-desenvolvimento. Com as lâminas obtidas, foi estimado o volume do reservatório de lote necessário para reduzir o volume de escoamento superficial a níveis de pré-desenvolvimento, considerando-se a situação mais crítica. A microbacia delimitada apresentou área total de 119 ha, com 65,16% correspondendo a lotes residenciais, 11,38% a terrenos baldios, 0,26% a praças e 23,20% a arruamentos. Para a chuva de 60 minutos de duração, obteve-se lâmina total precipitada de 87 mm, com precipitações efetivas de 50 mm e 22 mm para as condições de ocupação atual e de pré-desenvolvimento, respectivamente. Nessa condição, o volume estimado do reservatório de lote foi de 15 m³, considerado inviável para instalação nos lotes residenciais existentes.

ABSTRACT– The aim of this study was to verify the feasibility of micro-reservoirs installation to reduce the volume of runoff in the urban area of Barreiras, Bahia, Brazil, to pre-urbanization levels. A micro watershed was delineated from altimetry data from the Shuttle Radar Topography Mission, and its area was classified according to the land use and occupation. Excess rainfall was estimated for design rainfall 5-60 minutes long, with return period of 20 year, to the conditions of current occupation and pre-urbanization. With the excess rainfall depths obtained it was estimated the micro-reservoir volume needed to reduce the runoff depth to predevelopment levels, considering the most critical situation. The total area of the micro watershed was 119 ha, being 65.16% corresponding to residential lots, 11.38% to wastelands, 0.26% to squares and 23.20% to streets. For the 60 minutes long design rainfall, it achieved total depth of 87 mm and excess rainfall depths of 50 mm and 22 mm for the current occupation and pre-urbanization conditions, respectively. For

1) Universidade Federal do Oeste da Bahia. Rua Professor José Seabra de Lemos, 316, Recanto dos Pássaros, CEP: 47808-021 – Barreiras, BA. Fone: (77) 3614-3100. Fax: (77) 3614-3500. E-mail: neilza10@gmail.com.

2) Universidade Federal do Oeste da Bahia. Rua Professor José Seabra de Lemos, 316, Recanto dos Pássaros, CEP: 47808-021 – Barreiras, BA. Fone: (77) 99178-0335. Fax: (77) 3614-3500. E-mail: jhony.esa765@gmail.com

3) Universidade Federal do Oeste da Bahia. Rua Professor José Seabra de Lemos, 316, Recanto dos Pássaros, CEP: 47808-021 – Barreiras, BA. Fone: (77) 3614-3100. Fax: (77) 3614-3500. E-mail: luis.gha@ufob.edu.br.

this design rainfall, the micro-reservoir volume needed, estimated in 15 m³, was considered not feasible for installation in existing residential lots.

Palavras-Chave – manejo de águas pluviais, escoamento superficial, hidrograma unitário.

1 - INTRODUÇÃO

As catástrofes geradas por chuvas intensas tornaram-se mais comuns nas últimas décadas devido às alterações no uso do solo decorrentes, principalmente, do aumento da população nas cidades. A urbanização está associada à ampliação das áreas impermeáveis, trazendo diversos impactos negativos do ponto de vista hidrológico. De acordo com Nascimento et al. (2007), a impermeabilização do solo promove a diminuição da recarga dos aquíferos e o acréscimo do escoamento superficial. Este último, por sua vez, acarreta enchentes, erosão do solo e arraste de poluentes para os cursos d'água.

As enchentes ocorridas nas cidades brasileiras não raro provocam destruição de vias públicas, alagamento de residências, mortes por afogamento, disseminação de doenças infectocontagiosas, entre outros. Essas consequências têm se agravado com a ampliação das áreas impermeáveis nas cidades, causando sobrecargas nas redes de drenagem cujos projetos, em sua maioria, não levaram em consideração a ocupação futura, de maneira desordenada, de áreas a montante.

As soluções adotadas passam, muitas vezes, pela ampliação da rede de drenagem. Contudo, esta medida não resolve o problema, pois promove a transferência de volumes de escoamento superficial ainda maiores para as áreas a jusante. Segundo Tassi e Villanueva (2004), os planos diretores de drenagem urbana têm apontado para soluções integradas em bacias urbanas, buscando resolvê-los o mais próximo possível da fonte. Uma das alternativas é evitar o aumento da vazão natural na saída dos lotes, objetivando amortecer os picos de enchente por meio da melhoria das condições de infiltração e de armazenamento da água.

Nesse sentido, Dornelles *et al.* (2010) argumentam que muitas iniciativas de utilização de águas pluviais para consumos não potáveis estão em andamento no país, tais como leis, decretos, planos diretores de drenagem urbana e normas técnicas. Algumas cidades brasileiras já criaram leis visando o controle de enchentes na fonte, como é o caso da cidade de São Paulo que, por meio da Lei Municipal n° 13.276, estabeleceu a obrigatoriedade da instalação de reservatórios para acumulação de águas pluviais em lotes com área impermeabilizada superior a 500 m² (SÃO PAULO, 2002). A medida visa, preferencialmente, a infiltração do volume coletado no próprio lote,

mas também permite, alternativamente, o despejo na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, com vistas a atenuar as vazões de pico.

A simulação de vazões máximas em microbacias urbanas a partir de dados de precipitação e de uso e ocupação do solo, considerando-se situações reais e hipotéticas nas quais sejam consideradas medidas de controle na fonte, permite a estimativa dos impactos dessas medidas na atenuação das vazões de pico. Esse tipo de informação pode orientar os gestores na elaboração de planos diretores, leis, normas e regulamentos específicos para cada município, possibilitando a escolha do método mais adequado a cada situação.

Tendo como problema a ocorrência de alagamentos na cidade de Barreiras, BA, este trabalho foi desenvolvido para testar a hipótese de que a instalação de reservatórios de lote para acumulação de águas pluviais na área urbana do município, visando a redução do volume de escoamento superficial gerado a níveis de pré-desenvolvimento, é viável do ponto de vista do espaço ocupado pelo reservatório no lote.

2 - OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é verificar a viabilidade de instalação de reservatórios de lote para reduzir o volume de escoamento superficial gerado na zona urbana do município de Barreiras, BA, a níveis de pré-desenvolvimento.

2.1 - Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são os seguintes:

1. Delimitar uma microbacia no perímetro urbano da cidade de Barreiras, BA, e classificar sua área em relação ao uso e à ocupação do solo;
2. Estimar o efeito da urbanização da microbacia sobre a precipitação efetiva;
3. Estimar o volume do reservatório de lote necessário para reduzir a precipitação efetiva a níveis de pré-desenvolvimento.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Delimitação da microbacia

Inicialmente, foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) da área correspondente ao município de Barreiras, em ambiente SIG. Para tanto, foram utilizados dados altimétricos da missão

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com 30 m de resolução. Posteriormente, foram delimitadas, em ambiente SIG e de forma automatizada, as microbacias existentes na área urbana do município, das quais foi selecionada uma microbacia para o estudo, optando-se por uma área que representasse adequadamente o padrão de ocupação da cidade e que possuísse regiões propensas a alagamentos.

A partir da análise do MDE e da rede de drenagem sintética gerada, e utilizando-se ortofotos cedidas pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), foi possível selecionar uma microbacia situada na zona urbana do município que atendesse as exigências do estudo. Após a sua delimitação, a área de drenagem da microbacia foi obtida em ambiente SIG.

3.2 - Classificação da área da microbacia em relação ao uso e à ocupação do solo

Após a delimitação da microbacia, ainda em ambiente SIG, sua área foi classificada em função do uso e da ocupação do solo por meio do processo de vetorização em tela, pela individualização dos elementos de interesse existentes na imagem. A delimitação das áreas foi realizada com base nas ortofotos utilizadas, devidamente georreferenciadas em ambiente SIG.

A área da microbacia foi dividida em quatro classes de ocupação: terrenos baldios; lotes residenciais, praças e arruamentos. A definição das classes levou em conta a classificação apresentada por Tucci (2014) para bacias urbanas, visando a utilização do parâmetro CN (curva-número) nas etapas posteriores do trabalho. As áreas de mesma classe foram delimitadas por meio de polígonos, possibilitando a geração de um mapa de uso e ocupação do solo e a obtenção da porcentagem da área da microbacia enquadrada em cada classe.

3.3 - Estimativa da precipitação efetiva para eventos extremos de precipitação

A precipitação efetiva foi estimada para a condição atual de ocupação da microbacia e para a condição de pré-desenvolvimento. Para tanto, foram selecionadas chuvas de projeto com base nas equações intensidade-duração-frequência apresentadas por Matos (2006) para a cidade de Barreiras.

Foram selecionadas chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, com período de retorno de 20 anos, respeitando-se as recomendações de Matos (2006) no que tange à aplicabilidade das equações por ele propostas, tendo em vista a abrangência do trabalho e a extensão da série de dados utilizada em seu estudo.

A precipitação efetiva foi estimada pelo método SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972), utilizando-se os valores do parâmetro CN apresentados por Tucci (2014) para bacias urbanas, no caso da condição de ocupação atual, e para bacias rurais, no caso da condição de pré-desenvolvimento. Em ambos os casos, considerou-se a condição de umidade antecedente AMCII e a predominância de solos do tipo B.

Os valores de CN utilizados para a condição de ocupação atual foram 61 (terrenos baldios), 85 (lotes residenciais e praças) e 98 (arruamentos). Para a condição de pré-desenvolvimento, utilizou-se o valor de CN igual a 68 para toda a área, correspondente a ocupação da área por florestas esparsas, considerando-se a cobertura vegetal predominante na região.

3.4 - Determinação dos volumes dos reservatórios de lote

De posse da precipitação efetiva e da área da bacia, foi possível determinar os volumes de escoamento superficial gerados em cada chuva de projeto, para as condições de ocupação atual e de pré-desenvolvimento. O volume total a ser reservado, para atenuação da vazão de pico correspondente a cada chuva de projeto, foi calculado pela diferença entre o volume de escoamento superficial gerado na condição de ocupação atual e o volume de escoamento superficial gerado na condição de pré-desenvolvimento.

O volume total a ser reservado foi dividido pelo número de lotes residenciais existentes na microbacia para obtenção do volume do reservatório a ser instalado em cada lote. O número de lotes residenciais existentes na microbacia foi estimado dividindo-se a área total ocupada por lotes residenciais pela área padrão dos lotes, que é de 360 m² na região da microbacia.

O volume do reservatório a ser instalado em cada lote foi calculado para todas as chuvas de projeto analisadas. O maior volume encontrado foi utilizado para o dimensionamento de um reservatório de lote com volume compatível, analisando-se a viabilidade de instalação deste em lotes residenciais.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o mapa de uso e ocupação do solo da microbacia delimitada. Pela figura, percebe-se que a área da microbacia é essencialmente urbana e que o escoamento superficial nela gerado é drenado diretamente para o rio Grande, que atravessa a zona urbana do município de Barreiras.

A microbacia tem área total de 119 ha, sendo que 77,6 ha (65,16%) correspondem a lotes residenciais, 13,5 ha (11,38%) a terrenos baldios e 0,3 ha (0,26%) a praças (Figura 2). Os restantes 27,6 ha (23,20% da área total da bacia) correspondem a arruamentos.

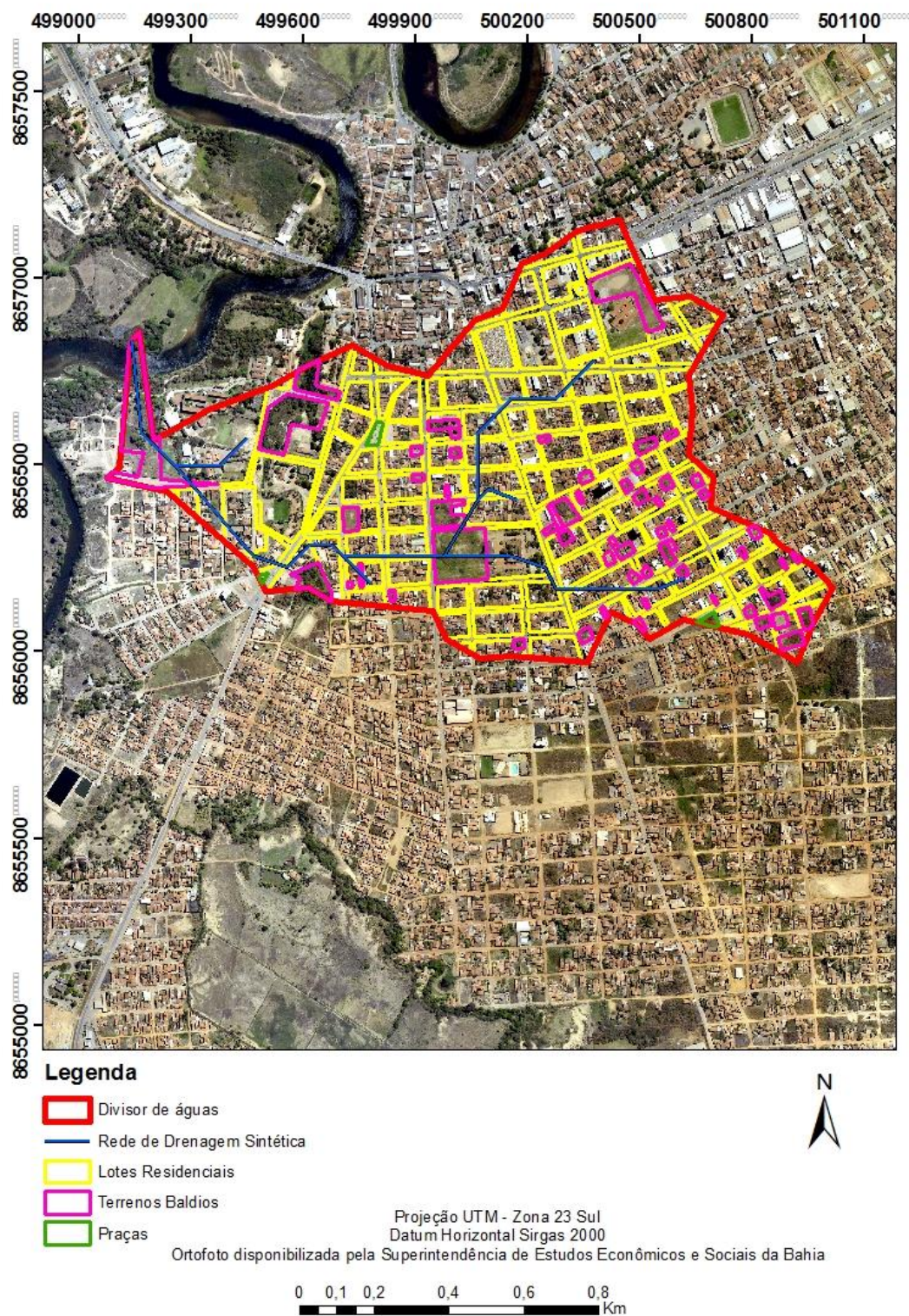


Figura 1. Mapa de uso e ocupação do solo de uma microbacia urbana do município de Barreiras, BA.

Pelos resultados apresentados, percebe-se que a microbacia é densamente ocupada, sendo que a maior parte da sua área de drenagem é composta por lotes residenciais. Na cidade, os lotes

residenciais são caracterizados por apresentarem alta porcentagem de impermeabilização, o que permite inferir que a urbanização alterou substancialmente a capacidade de infiltração do solo. Além disso, uma parcela significativa da área da microbacia corresponde a arruamentos, contribuindo ainda mais para a redução da capacidade de infiltração, já que as ruas no interior da microbacia são revestidas, quase que em sua totalidade, por asfalto.

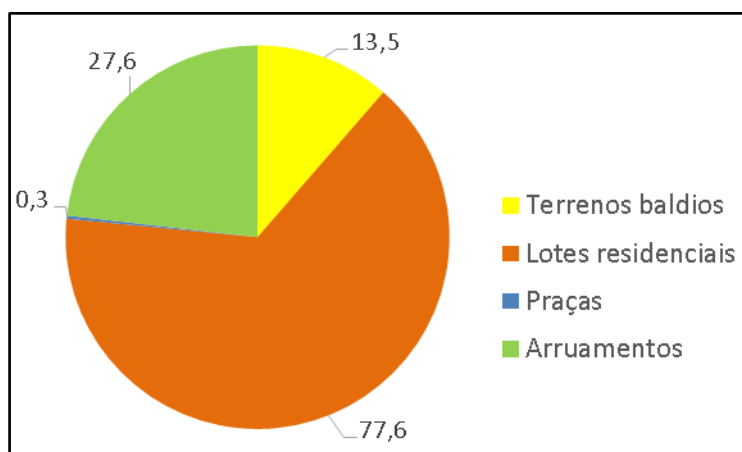


Figura 2. Área (ha) correspondente a cada classe de ocupação do solo na microbacia em estudo.

Na Figura 3, são apresentadas a lâmina total precipitada e a precipitação efetiva correspondentes às chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, com 20 anos de período de retorno, para as condições de ocupação atual e de pré-desenvolvimento. Pela figura, percebe-se que o total precipitado e as precipitações efetivas aumentaram com o aumento da duração da precipitação, sendo que a condição mais crítica ocorreu para a precipitação de 60 minutos de duração.

Os resultados apresentados na Figura 3 demonstram que a precipitação efetiva é significativamente maior na condição de ocupação atual, chegando a aproximadamente 50 mm para a chuva de projeto de 60 minutos de duração, cuja lâmina total obtida foi de cerca de 87 mm. Na condição de pré-desenvolvimento, a precipitação efetiva nessa mesma condição seria de aproximadamente 22 mm, demonstrando que a ocupação da bacia proporcionou um aumento de mais de 100% na precipitação efetiva quando ocorrem chuvas intensas com essa duração.

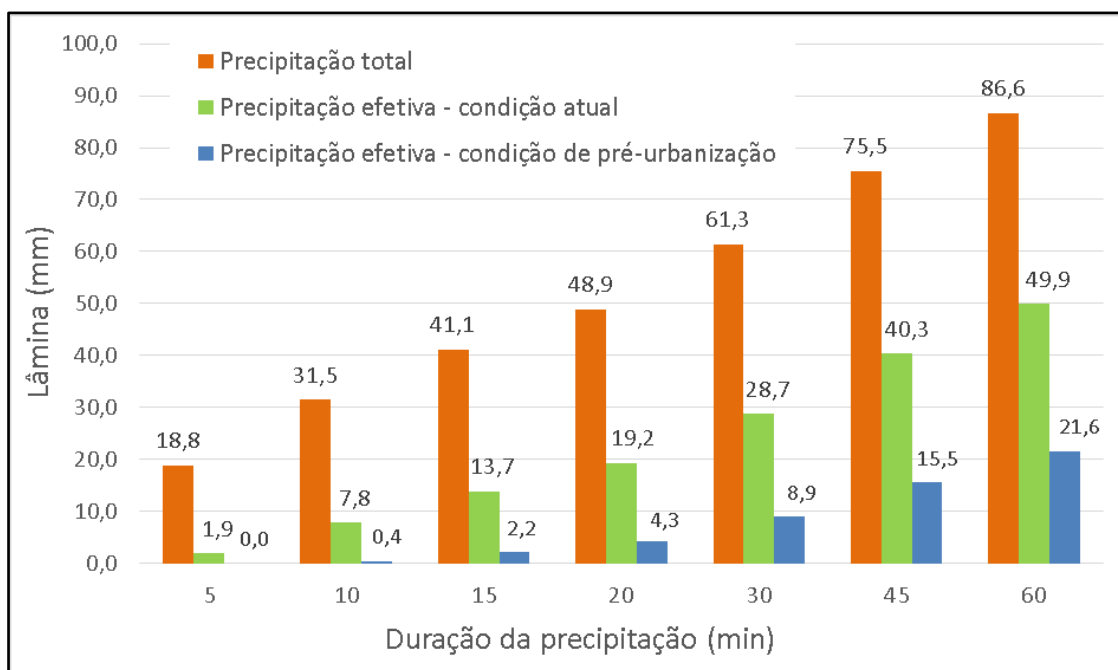


Figura 3. Lâmina total precipitada e precipitação efetiva correspondentes às chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, com 20 anos de período de retorno, para as condições de ocupação atual e de pré-desenvolvimento.

Os volumes totais a serem reservados corresponderam a 2.235,6 m³, 8.695,4 m³, 13.774,2 m³, 17.714,6 m³, 23.531,3 m³, 29.458,2 m³ e 33.646,8 m³ para as chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, respectivamente. O número total de lotes existente na microbacia foi estimado em 2155 lotes, permitindo que fossem obtidos os volumes dos reservatórios de lote correspondentes a cada chuva de projeto.

Na Figura 4, são apresentados os volumes do reservatório de lote necessário para reduzir o escoamento superficial a níveis de pré-desenvolvimento correspondentes às chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, com 20 anos de período de retorno. Pela figura, percebe-se que o volume aumenta com o aumento da duração da chuva, chegando a um máximo para a chuva de 60 minutos de duração.

Considerando-se a situação mais crítica, seria necessário instalar em cada lote um reservatório de 15 m³ de capacidade. Reservatórios dessa capacidade são encontrados no mercado, porém possuem grandes dimensões (no mínimo 3 m de diâmetro), tornando-se inviáveis para instalação em lotes residenciais cujos projetos das residências não contemplaram o espaço para a sua instalação.

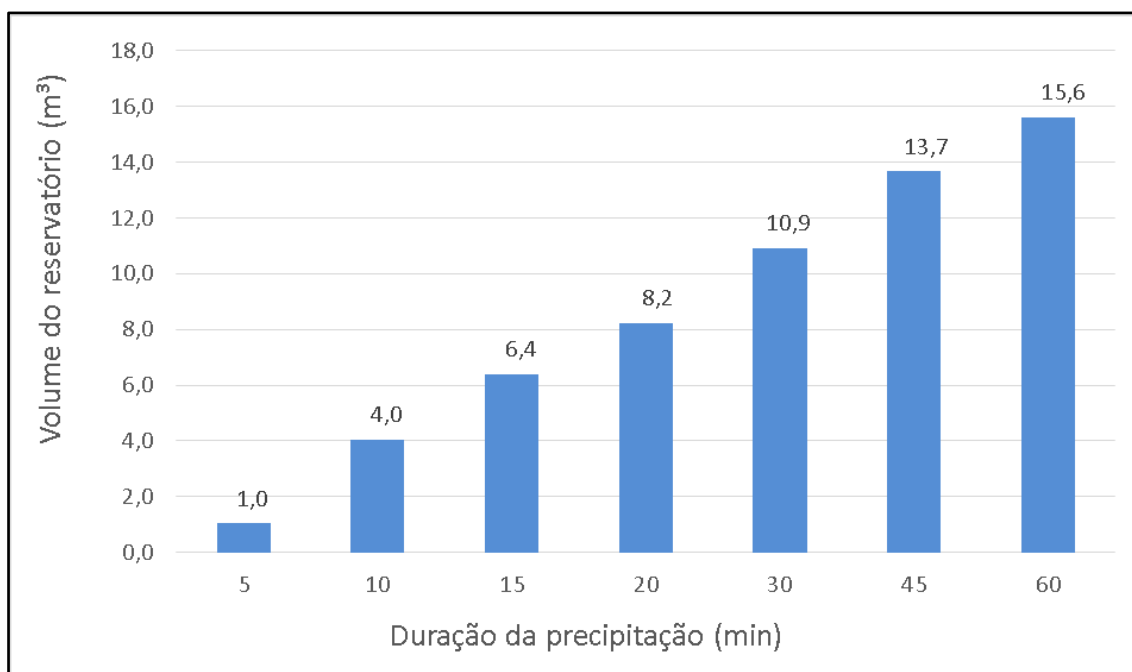


Figura 4. Volumes do reservatório de lote necessário para reduzir o escoamento superficial a níveis de pré-desenvolvimento correspondentes às chuvas de projeto de 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos de duração, com 20 anos de período de retorno.

Apesar de os resultados demonstrarem não ser viável a instalação de reservatórios de lote que reduzam o volume de escoamento superficial a níveis de pré-desenvolvimento nesta microbacia, a utilização de reservatórios de menor capacidade associada a outras medidas de controle na fonte poderia contribuir para a redução das enchentes na zona urbana do município de Barreiras, BA. Por outro lado, reservatórios de menor capacidade poderiam ser utilizados para promover a atenuação das vazões de pico por meio do retardo da chegada das águas pluviais à rede de microdrenagem. A avaliação da contribuição dos reservatórios de lote na atenuação das vazões de pico deve ser analisada com maiores detalhes em estudos futuros.

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a instalação de reservatórios de lote para acumulação de águas pluviais na área urbana do município de Barreiras, BA, visando a redução do volume de escoamento superficial gerado a níveis de pré-desenvolvimento, é inviável do ponto de vista do espaço ocupado pelo reservatório no lote, quando adotada como única medida de controle na fonte. Entretanto, a utilização de reservatórios de menor dimensão associada a outras medidas de controle na fonte pode contribuir para a redução do escoamento superficial.

Como a atenuação das vazões de pico com o uso de reservatórios de lote de menor capacidade não foi analisada neste trabalho, recomenda-se a realização de estudos complementares com modelos hidrológicos que simulem a atenuação dessas vazões na microbacia delimitada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, pela disponibilização das ortofotos da zona urbana do município de Barreiras.

BIBLIOGRAFIA

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. (2013). *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. ABRH, Porto Alegre – RS, 336 p.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. (2010) “Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 15 (2), pp. 59-68.

MATOS, J. E. R. (2006). *Chuvas intensas na Bahia: equações e metodologias de regionalização*. EDUFBA, Salvador – BA, 296 p.

NASCIMENTO, E. A.; QUELHAS, O. L. G.; FONSECA, P. L. (2007) “Qualidade do meio ambiente urbano: medidas para o controle do escoamento superficial na cidade do Rio de Janeiro, Brasil”. *Ciência & Engenharia*, 16 (1-2), pp. 81-87.

SÃO PAULO (Município). (2002) *Lei nº 13.276, de 04 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m²*. Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo – SP, 47 (3), pp. 4.

SOIL CONSERVATION SERVICE. (1972) “Hydrology”, in *National engineering handbook*. USDA, Washington, pp.101-1023.

TASSI, R.; VILLANUEVA, A. O. N. (2004) “Análise do Impacto dos microrreservatórios de lote nos custos de uma rede de drenagem urbana”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 9 (3), pp. 89-98.

TUCCI, C. E. M. (1998) “Estimativa do volume para controle da drenagem no lote”, in *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação e controle*. BRAGA, B. P. F.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp. 155-163.

TUCCI, C. E. M. (2014) “Escoamento Superficial”, in *Hidrologia: ciência e aplicação*. Org. por TUCCI, C. E. M., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp. 391-441.