



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis-SC

ADAPTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS URBANOS PARA APLICAÇÃO DE MEDIDAS COMPENSATÓRIAS

*Renata Locarno Frota¹; Anísio de Sousa Meneses Filho²; Victor Costa Porto¹; Francisco de Assis Souza
Filho³*

Resumo – Nas grandes cidades é muito comum deparar-se com situações de transtorno relacionadas às inundações, pois o aumento da área impermeabilizada não permite a infiltração, aumentando o escoamento superficial e o pico do volume escoado. O trabalho propõe um reservatório de detenção, localizado num trecho crítico de inundação na Av. Heráclito Graça com Rua Idelfonso Albano, na Praça Bárbara de Alencar, que pertence à bacia de contribuição do riacho Pajeú. É proposta uma adaptação da praça como forma de reaproveitamento dos equipamentos urbanos existentes. O reservatório de detenção, uma técnica compensatória, que é considerado como um meio de ajustar a drenagem urbana, amenizando o que é causado pelo alto índice de impermeabilização, reduzindo o pico de vazão, além de trazer melhorias para outras áreas, como a da saúde pública, por exemplo. Foi utilizado o Método Racional Modificado para encontrar o hidrograma de entrada e o Método de Puls para a propagação no reservatório. Fez-se várias simulações com diferentes tamanhos de bacias de contribuição e tempos de retorno. Verificou-se que a melhor alternativa, ou seja, aquela que apresenta maior redução na vazão de pico, seria uma área de contribuição de 10 hectares e com um período de retorno de 10 anos.

Palavras-Chave – Reservatórios de detenção. Medidas Compensatórias. Cheias.

ADAPTATION OF URBAN EQUIPMENTS FOR THE APPLICATION OF COMPENSATORY TECHNIQUES

Abstract – Is very usual to find disorder situations related to floods in big cities, because of the increase of waterproofed area that does not allow infiltration, increasing the runoff and the peak of the drained volume. The work proposes a detention reservoir, located in a critical stretch of flooding in Heráclito Graça Avenue with Idelfonso Albano Street, in Praça Bárbara de Alencar, that belongs to the basin of the Riacho Pajeú. It is proposed the adaptation of a square as a way to reuse existing

¹ Mestrando em Eng. Civil – Recursos Hídricos (UFC) - renata.locarno@hotmail.com, victorcporto@gmail.com

² Professor da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) - anisiomeneses@unifor.br

³ Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 713 – assis@ufc.br

urban equipment. The detention tank, a compensatory technique, which is considered as an adjusting facility of the urban drainage, softening it, which is caused by the high waterproofing index, reducing the peak flow, and bring improvements to other areas such as public health, for example. The Rational Method was used to find the input hydrogram and Puls Method to find the propagation in the reservoir. Several simulations were performed with different contribution basin sizes and return times. It was verified that the best alternative, that is, the one with the greatest reduction in the peak flow, would be a contribution area of 10 hectares and with a return period of 10 years.

Keywords – Reservoir. Compensatory Techniques. Flood

INTRODUÇÃO

Na cidade de Fortaleza, em que este trabalho tem foco, as enchentes urbanas são comuns, chuvas de pouca intensidade causam grandes estragos devido à mudança no uso do solo. Isso ocorre devido à urbanização, pois o aumento da área impermeabilizada, não permite que a água infiltre, aumentando, portanto, o escoamento superficial e o pico do volume escoado. Além disso, o lixo nas ruas é responsável pela obstrução de bocas de lobo, o que impede o escoamento da água. E as redes de esgoto não são suficientes para a vazão da água da chuva.

Para amenizar tal situação são propostas as técnicas compensatórias, que visam a sustentabilidade e garantir níveis hidrológicos próximos aos da pré-urbanização, evitando a elevação de volumes e fluxos de água a jusante da área de geração. Essas técnicas possibilitam um crescimento populacional em conjunto, pois são de fácil manutenção e ampliação se comparadas com o sistema de tubulações, que é o modelo atual utilizado na cidade de Fortaleza. Suas tubulações necessitam ser redimensionadas e apenas transportam o problema para jusante, tornando esse sistema mais oneroso (Baptista *et al.*, 2005).

Existem as técnicas compensatórias estruturais que são as obras propriamente ditas (canalização, reservatórios de amortização, diques, faixas gramadas, valetas gramadas e pavimento poros), e as não – estruturais, que são procedimentos que retardam os escoamentos (zoneamento, regulamentação do uso do solo, áreas verdes, controle de ligações clandestinas, controle da coleta e disposição do lixo e previsão em tempo real) para tentar solucionar as enchentes. As não estruturais resumem-se do governo e da conscientização da população e, portanto, demandam campanhas de educação. Já as medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa, pois para isso teríamos que calcular a maior enchente possível além de ser fisicamente e economicamente inviável, utiliza-se um meio termo, associado a um razoável tempo de retorno e seja economicamente compatível, sem, é claro, deixar a segurança de lado. Mesclar as medidas é a melhor solução, pois não basta somente executar obras se a população não preza por esta. (Baptista *et al.*, 2005).

Dentre as técnicas compensatórias estruturais estão os reservatórios de detenção, que visam armazenar as águas pluviais e despejá-las na rede de forma lenta e gradual, gerando uma atenuação das enchentes (Tucci, 1995). Ele foi escolhido para o estudo, pois pode oferecer uma alternativa de lazer à população e por já ser utilizado no país. Os primeiros reservatórios de retenção implantados datam de 1953, em Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais, sendo os da Pampulha e Santa Lúcia até hoje funcionais (Nascimento e Baptista, 1997).

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a aplicação de medidas compensatórias de armazenamento, adaptando equipamentos urbanos existentes, no caso o reaproveitamento da Praça Bárbara de Alencar, para reduzir o pico de vazão e os alagamentos recorrentes da área de contribuição estudada que é pertencente à bacia do riacho Pajeú.

METODOLOGIA

Local de estudo

O Riacho Pajeú teve um papel imprescindível para o nascimento da cidade de Fortaleza. Em 1649, os holandeses ergueram o Forte Schoonenborch às suas margens, possibilitando o desenvolvimento da área ao seu redor, esta área posteriormente tornou-se a cidade de Fortaleza. O riacho também denominado rio do Pajé e antigamente conhecido como Marajaik (rio das palmeiras), já foi palco de uma termoeletrica por uma concessionária inglesa no início do século XX e hoje tem seu curso praticamente aterrado (Demes *et al.*, 2013).

O riacho Pajeú é compreendido entre a foz dos rios Ceará e Cocó, a bacia Vertente Marítima, é a única pertencente totalmente ao município de Fortaleza. Atravessa seis bairros e deságua na Praia Formosa, percorrendo cerca de 5km de extensão.

Devido a urbanização ele foi aterrado, canalizado e até teve seu curso natural modificado, entretanto ainda consegue-se observá-lo. Estas partes, porém, encontram-se assoreadas e repletas de lixo, sem o menor cuidado por parte da Prefeitura e da população. A nascente e o curso superior encontram-se numa região em que predominam oficinas mecânicas, que despejam nele materiais graxos o que agrava ainda mais a sua situação.

Medidas Pretendidas

A área de estudo localiza-se num trecho crítico de inundação na Av. Heráclito Graça com rua Idelfonso Albano, na Praça Bárbara de Alencar, pertencentes à bacia de contribuição do Riacho Pajeú (Figura 1). O local do estudo é bastante prejudicado quando chove, com ruas e avenidas completamente alagadas, atingindo o comércio local, que precisa suspender o seu funcionamento para evitar danos maiores.



Figura 1 - Localização do reservatório. Fonte: Google Maps, 2015.

O reservatório toma lugar de toda a Praça Bárbara de Alencar que tem dimensões de 10m x 50m e avança 10m para a rua de trás, ou seja, ele possui largura de 20m e comprimento de 50m. Foi escolhida esta dimensão pois é a maior área disponível devido às construções nos arredores. Utiliza-se diâmetros de 25 cm no tubo da vazão de saída (Figura 2). Ele foi inicialmente proposto com intuito de servir de quadra de esportes quando não utilizado.

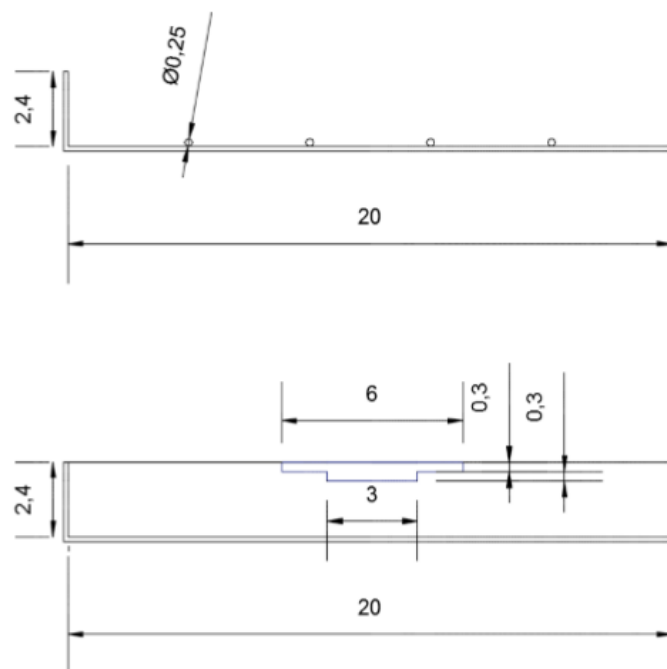


Figura 2 - Reservatório Proposto

A água que entra no reservatório ao longo do tempo se refere à vazão afluyente e fica temporariamente armazenada para sair pela tubulação com menor intensidade, sendo chamada de vazão efluente. Essa redução de vazão é chamada de atenuação ou laminação da cheia.

Modelagem Hidráulica-Hidrológica

O processo de dimensionamento da bacia de detenção se desenvolve a partir da confecção de uma tabela Área versus Volume versus Vazão versus Cota, para obter as vazões de saída (O) e compatibilizar a capacidade do reservatório para calcular ΔS . Deve-se observar o formato do reservatório para estimar a vazão do vertedouro. Precisamos encontrar o tempo de concentração, para isso foi utilizada a equação de Kirpich, sendo as cotas fornecidas pela SEINF (Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza).

Utilizou-se, então, a equação de chuvas de Fortaleza que foi desenvolvida na Universidade de Fortaleza, em 2011, com base nos últimos trinta anos de registros pluviográficos contínuos, ou seja, de 1970 a 1999 para obter a intensidade de chuva (Silva, Palácio Junior e Campos, 2013) para obter a intensidade da chuva para alguns períodos de retorno, sendo estes 10, 25, 50 e 100 anos, por serem os mais utilizados em obras de drenagem. Após obtenção dessas informações, utilizamos o método racional modificado para encontrar a vazão de pico afluente. Foi admitido um coeficiente de escoamento superficial, C, de valor igual a 0,95.

Para determinar a propagação das cheias em reservatórios, como as bacias de detenção, e, assim, determinar a vazão efluente ao reservatório, foi utilizado o Método de Puls Modificado. Ele consiste na resolução do balanço de massa hídrica por meio da discretização do tempo, ou seja, passa-se de uma equação contínua (derivada) para uma finita (intervalo de tempo Δt). Com isso teremos a vazão efluente do reservatório para então analisá-lo.

Foram analisadas várias áreas de contribuição para medir a eficiência de atenuação de cheia do reservatório proposto. A primeira área analisada foi estimada em 166,7434 hectares e trata-se de toda a área de contribuição localizada à montante do reservatório e que engloba a bacia do Riacho Pajeú. Logo após foram analisadas áreas de 10, 15 e 20 hectares.

Foi realizada uma análise para verificar as dimensões de um reservatório teórico que pudesse atenuar cheias de forma eficiente para a toda a área de contribuição do Pajeú. Para isto foi utilizado o método SCS, pois este é o único que leva em consideração o tipo de solo e sua capacidade de infiltração/escoamento.

Assumiu-se CN grupo C para bosques ou zonas florestais com cobertura boa 70, e CN cenário urbanizado, 98. Com isso, obtemos um novo tempo de concentração e aplicamos novamente o método racional.

Com os resultados de vazão e tempo, elabora-se um hidrograma. Então é aplicado um determinante para a obtenção da área do reservatório.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No dimensionamento utilizando a área completa da bacia de contribuição, constatou-se que seria necessário um reservatório de 138.835,875m³, porém o dispositivo proposto só tem 2.400 m³ devido a limitação da Praça Barbara Alencar. Assim, o reservatório não pode ser a única técnica de drenagem atuando na área para solucionar o problema.

Visto que um reservatório de detenção é impossível para envolver toda a área, analisou-se a atenuação de cheias para áreas de 10, 15 e 20 hectares. As vazões de pico afluentes obtidas para cada uma destas áreas estão apresentadas na Tabela 1 seguinte.

Tabela 1 – Vazões de pico afluentes

Área (ha)	L (m)	Declive (m)	tc(min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)
10	567,67	12,41	11,24	125,71	3,73
15	680	11,89	14,08	118,08	4,39
20	651,79	16,27	11,88	123,9	6,54

Os resultados das vazões de pico efluentes geradas pelo Método de Puls para cada situação juntamente com a atenuação da cheia estão apresentados na Tabela 2

Tabela 2 – Vazões de pico efluentes

TR (Anos)	10			25			50			100		
Área	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Vazão de entrada (m ³ /s)	3,73	4,39	6,54	4,3	5,14	-	4,93	-	-	5,5	-	-
Vazão de saída (m ³ /s)	1,7	2,89	-	2,73	-	-	3,12	-	-	-	-	-
Atenuação (%)	54,42	34,17	-	36,51	-	-	36,71	-	-	-	-	-

Constatou-se que para um Tr de 100 anos, nenhuma simulação foi satisfatória, pois a vazão afluente é maior que a vazão do reservatório proposto. O mesmo aconteceu para Tr 10 anos e uma bacia de 20ha, Tr 25 e 50 anos e bacias de 15 e 20ha. Foi observado que a melhor atenuação de pico 54,42%, está representado no Tr 10 anos e área de 10ha. Pode-se escolher uma área de contribuição de 10 ou 15ha, isto dependerá do tempo de retorno escolhido. A urbanização encontra-se num nível tão elevado que podemos observar a disparidade entre as áreas de contribuição inicial de 166,7434 e final, 10 e 15ha.

CONCLUSÃO

Podemos observar como a urbanização e conseqüentemente a impermeabilização dos solos afeta a drenagem urbana, pois um reservatório de 2.400m³ atenua somente uma área de 10 ou 15 ha. A escolha do melhor reservatório depende do projeto, pois se este visa alcançar uma área maior o seu tempo de retorno será menor.

Propõe-se o estudo de outros locais para a criação de reservatórios de detenção já que apenas um não contempla toda a bacia. Porém devido ao grande número de construções e a falta de espaços verdes na cidade de Fortaleza isto torna-se quase impossível. O único parque que se tem, o Parque do Cocó, diminui sua área devido a construções nos seus arredores, e nenhuma atitude é tomada para coibir, embora essa área seja considerada de preservação ambiental. Além disso, o espaço não é aproveitado para a utilização de técnicas compensatórias.

É necessário a implementação de outras técnicas para trabalhar em conjunto com os reservatórios. Pavimentos permeáveis poderiam ser implantados, pois são uma medida simples. Valas gramadas poderiam ser projetadas próximo às ruas dos bairros que são mais prejudicados pelos alagamentos. Além disso tudo, recomenda-se um estudo para a efetiva reutilização da água, aspecto que também pode ser incorporado ao reservatório de detenção, já que esta é um bem natural limitado e dotado de valor econômico.

As medidas compensatórias são, em geral, mais onerosas do que as medidas mitigatórias. Portanto, se houvesse um planejamento do mobiliário urbano talvez não fossem necessárias as medidas compensatórias. Ademais, tais medidas são mais acessíveis e viáveis do que o redimensionamento da canalização e sua posterior troca. As ações inseridas na fase de planejamento tendem a implicar maior efetividade e menor custo de implantação.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre> ABRH, 2005.

DEMES, F. O. C. ; MOTA, S. Impacto das atividades urbanas no Riacho Pajeú, em Fortaleza, Ceará, um a abordagem histórica e ambiental. XX Simpósio de Recursos Hídricos. 2013.

SILVA, Francisco Osny Eneas da; PALÁCIO JÚNIOR, Francisco Flávio Rocha; CAMPOS, José Nilson Bezerra. *Equação de chuvas para Fortaleza com dados do pluviógrafo da UFC*. Revista DAE. N 192. maio 2013.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de; *Drenagem Urbana*. Rio Grande do Sul: ABRH, 1995.

NASCIMENTO, N. O. et al. Estudo de caso de uma bacia de detenção em meio urbano – O caso do reservatório Santa Lúcia. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, XII, 1997, Vitória. Anais ABRH, 1997. p. 1-9.