

RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO EM LOGRADOUROS COMO ALTERNATIVA PARA OS ALAGAMENTOS URBANOS: UMA ANÁLISE PARA A CIDADE DO RECIFE-PE.

Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior^{1}; Regina Lúcia de Melo Oliveira²;
Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral³; Pedro Oliveira da Silva⁴ & Simone Rosa da Silva⁵*

Resumo – O processo de urbanização acelerado e não planejado tem acarretado em sérios problemas para a drenagem urbana das cidades brasileiras. Neste sentido, o uso de técnicas compensatórias têm-se tornado bastante utilizado, desde que haja uma sustentável interação entre o desenho urbano consolidado e a solução de drenagem adotada. A cidade do Recife, capital de Pernambuco, consolidada por um processo de urbanização desordenado, possui, atualmente, um sistema de drenagem urbana bastante fragilizado, apresentando 159 pontos críticos de alagamentos. Diante disso, este trabalho analisou o uso de reservatórios de detenção em logradouros, baseado em estudos de casos desenvolvidos pela UPE e UFPE, para conter os alagamentos em localidades da cidade. Verificou-se, nos casos analisados, que houve redução dos picos de cheia e conseqüentemente a diminuição da área de alagamento. Em contrapartida, o custo de implantação é elevado e necessita de manutenção sistêmica.

Palavras-Chave – Alagamentos; técnicas compensatórias; reservatório de detenção.

DETENTION RESERVOIR IN STREETS AS ALTERNATIVE FOR URBAN FLOODING: AN ANALYSIS FOR RECIFE CITY.

Abstract – The accelerated and unplanned urbanization process has led to serious problems for the urban drainage of Brazilian cities. In this sense, the use of compensatory techniques has become widely used, provided there is a sustainable interaction between the consolidated urban design and the drainage solution adopted. The city of Recife, capital of Pernambuco, consolidated by a disorderly urbanization process, currently has a very fragile urban drainage system, presenting 159 critical points of flooding. In the light of this, this paper analyzed the use of detention reservoirs in streets, based on case studies developed by UPE and UFPE, to contain flooding in localities of the city. It was verified, in the analyzed cases, that there was reduction of the flood peaks and consequently the reduction of the flood area. In contrast, the cost of implementation is high and requires systemic maintenance.

Keywords – Floods; compensatory techniques; detention reservoir.

INTRODUÇÃO

O planejamento da rede de drenagem integrado com o desenho urbano é o primeiro passo para erradicar os problemas relacionados aos alagamentos urbanos. Como na maioria das cidades brasileiras não há esse tipo de planejamento, o que ocorre, muitas vezes, é a adoção de medidas

¹ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, e-mail: marcos15barbosa@hotmail.com.

² Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, e-mail: reginalmoliveira@hotmail.com.

³ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE / Universidade de Pernambuco – UPE, e-mail: jcabral@ufpe.br.

⁴ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, e-mail: eng.pedroos@gmail.com.

⁵ Universidade de Pernambuco – UPE, e-mail: simonerosa@poli.br.

*Autor correspondente.

estruturais que contornem essa falha. Por muito tempo, a política higienista que norteava as soluções da drenagem urbana, baseada na canalização dos escoamentos, apenas transferindo para jusante as inundações, fez com que a população arcasse com duas consequências: custo de sistema clássico de drenagem mais alto e maiores inundações.

Atualmente, a tendência moderna na área de drenagem urbana é a utilização de dispositivos ou medidas de controle dos escoamentos, evitando assim, os alagamentos nos centros urbanos. Essas medidas, conhecidas como técnicas alternativas de drenagem, buscam controlar os escoamentos através da recuperação da capacidade de infiltração ou da detenção do escoamento adicional gerada pela superfície urbana. Baptista *et al.* (2005) denomina essas técnicas como dispositivos que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental.

Silveira (2002) cita a existência de vários fatores que condicionam a escolha da obra de controle de escoamento: área controlada, capacidade de infiltração do solo, freático alto, aquífero em risco, declividade alta, ausência de exutório, consumo de espaço, fundações e redes próximas, restrição de urbanização, afluência poluída, afluência com alta taxa de sedimentos, riscos sanitários e sedimentológicos por má operação, esforços e tráfegos intensos, flexibilidade de projeto, limites dimensionais da medida de controle.

Algumas experiências de adoção das medidas de controle de escoamento através de instrumentos legais têm sido verificadas em cidades brasileiras, tais como Guarulhos-SP, Nova Iguaçu-RJ, São Paulo-SP, Rio de Janeiro-RJ, Porto Alegre-RS, Curitiba-PR, Niterói-RJ, Belo Horizonte-MG e Santos-SP, que hoje se apresentam em diferentes estágios de abordagem (XAVIER FILHO *et al.*, 2016).

No entanto, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2010), dos 5.256 municípios brasileiros que declararam possuir manejo de águas pluviais, 12,7% possuíam dispositivos coletivos de detenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas (Figura 1).

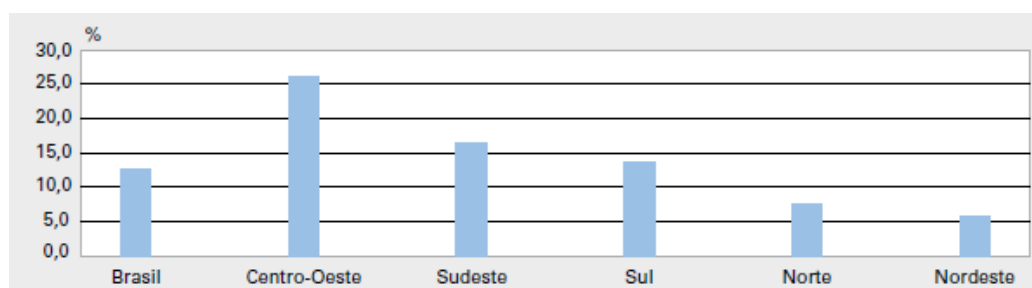


Figura 1 - Percentual de municípios com dispositivos de amortecimento de vazão de águas pluviais urbanas.
Fonte: PNSB – 2008 (IBGE, 2010).

Ainda segundo a Pesquisa, as três Unidades da Federação que apresentaram as maiores proporções de municípios com dispositivos coletivos de detenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas foram: Mato Grosso do Sul (53,8%); Paraná (31,8%); e Mato Grosso (28,6%). No outro extremo, destacaram-se os Estados do Piauí (0,9%), Tocantins (2,9%) e Santa Catarina (3,1%).

No caso de Pernambuco, dos 185 municípios do Estado, 13 deles declararam na citada pesquisa possuir dispositivos coletivos de detenção ou amortecimento de vazão de águas pluviais urbanas, o que demonstra que, apesar de 49,19% dos municípios sofrerem com problemas de

inundações, apenas 7% dos municípios apresentam estruturas para controle de enchentes (IBGE, 2010).

Fraga (2013) afirma que, ainda há uma grande inércia para a implementação de tais abordagens, diante não apenas da falta de capacitação técnica, mas também pelo alto grau de degradação das bacias urbanas brasileiras, estabelecido pela intensa impermeabilização do solo, não dispondo de áreas necessárias para a implantação destas técnicas.

PRINCIPAIS INTERVENÇÕES PARA A DRENAGEM URBANA DO RECIFE

O Recife é uma cidade litorânea, fortemente urbanizada e foi estabelecida numa região estuarina formada, principalmente, pelos rios: Capibaribe, Beberibe e Tejipió. A sua localização geográfica torna o sistema de drenagem altamente vulnerável às oscilações de maré, podendo provocar sérios problemas de alagamentos em épocas chuvosas combinados com eventos de maré alta. Com este cenário, atualmente, a cidade possui 159 pontos de alagamentos catalogados como os mais críticos (SILVA JUNIOR, 2015).

Ao longo dos últimos anos, algumas intervenções visando a eficiência da drenagem na cidade foram realizadas pela Prefeitura do Recife, através da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB). Na macrodrenagem, Cabral e Alencar (2005) citam: o alargamento da calha fluvial do Capibaribe na planície do Recife; a retirada de algumas pontes e construção de outras, no mesmo local, com extensão e altura maiores para que as vigas da ponte não causassem represamento; e retificação do curso do rio Capibaribe no Bairro de Apipucos, onde um meandro de grande sinuosidade apresentava baixas velocidades e causava um efeito de remanso.

Quanto às obras de controle da drenagem, Silva Junior (2015) cita: o sistema de comportas do canal Derby-Tacaruna; sistema de bombeamento na Avenida Recife (drenagem forçada); e o microrreservatório, localizado entre as Ruas Santo Elias e Conselheiro Portela, no bairro do Espinheiro. Recentemente foi implantado um sistema de drenagem forçada no canal Derby-Tacaruna, composta por seis bombas próximas às comportas localizadas na altura do Shopping Tacaruna e do Hospital Português, mas ainda não se encontra em funcionamento.

Em janeiro de 2015, entrou em vigência a Lei Municipal Nº 18.112, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para os novos projetos de edificações habitacionais multifamiliares, com áreas superiores a 500 m².

A citada Lei e o Plano Diretor de Drenagem Urbana do Recife, atualmente em elaboração, são ações recentes na cidade, cuja finalidade é estabelecer medidas que apontem soluções integradas para o manejo das águas urbanas. Com a implementação do sobredito plano, espera-se que sejam estabelecidas as diretrizes necessárias para a adoção de técnicas compensatórias estruturais e não estruturais mais indicadas para cada zona do município, considerando as peculiaridades locais e, principalmente, a legislação vigente.

RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO EM LOGRADOUROS

Diante da necessidade de mitigar os impactos dos alagamentos urbanos no Recife, recentemente vêm-se estudando alternativas compensatórias de drenagem que melhor se adéqua ao desenho urbano atual da cidade. É nesta realidade que os reservatórios de detenção em logradouros

têm-se mostrado uma técnica possível de ser implantada, apresentando também, resultados satisfatórios de redução dos picos de vazões e da sobrecarga do sistema de microdrenagem.

Alguns estudos de casos em pontos críticos de alagamentos da cidade foram desenvolvidos pela UPE e UFPE, em que se verificou o desempenho hidráulico da citada técnica junto com a diminuição dos níveis de alagamentos, a partir de modelagens hidráulico-hidrológicas. A metodologia empregada no dimensionamento, bem como os resultados apontados nos estudos de caso, são apresentados nos itens a seguir.

Modelagem computacional e dimensionamento

As simulações hidráulico-hidrológicas foram realizadas pelo software SWMM (*Storm Water Management Model*), que consiste num modelo dinâmico “chuva-vazão”, com código fonte aberto e que tem sido amplamente utilizado por diversos pesquisadores, auxiliando no planejamento e no desenvolvimento de projetos relacionados ao escoamento de águas pluviais e esgotos sanitários.

Durante o processo de modelagem foram utilizados os cadastros de microdrenagem e levantamentos topográficos das áreas em análise, cedidos pela EMLURB. As informações da rede de drenagem de águas pluviais e as características da sub-bacia em que os pontos críticos de drenagem estão localizados foram inseridas no SWMM e a partir dos dados de entrada, o modelo simulou os hidrogramas resultantes. As chuvas simuladas corresponderam aos períodos de retorno de 2 e 5 anos.

Para o dimensionamento dos reservatórios propostos, foram estimados volumes de reservação através dos métodos da perda da reservação natural e método das chuvas. Em todos os casos, houve a necessidade de se condicionar as dimensões dos reservatórios, às larguras dos logradouros e às cotas de fundo dos poços de visita de jusante. As estruturas de drenagem foram caracterizadas como reservatórios de detenção on-line, ou seja, encontram-se locados na linha principal do sistema e restituem os escoamentos de forma atenuada e retardada ao sistema de drenagem, de maneira contínua, normalmente por gravidade. A Figura 2 exemplifica tal solução.

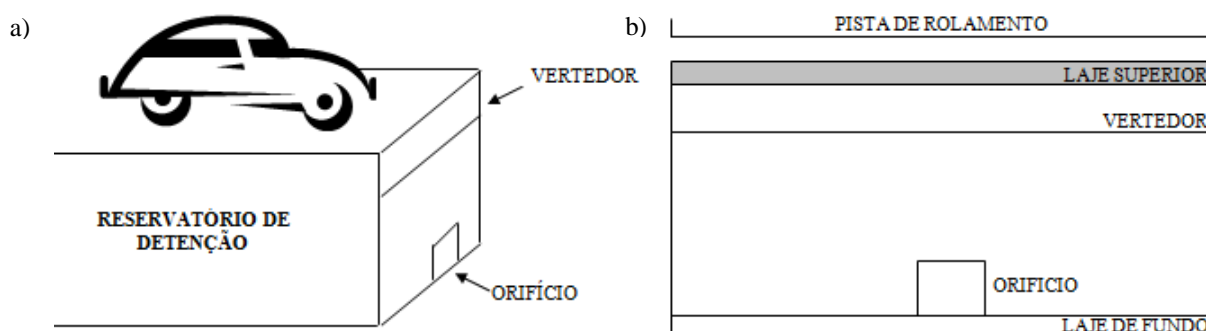


Figura 2 – (a) Representação do reservatório de detenção abaixo da via; (b) Vista frontal.

Fonte: Adaptado de UFPE (2007).

Estudos de caso

a) Av. Conselheiro Portela com a Rua Santo Elias, Bairro do Espinheiro.

O bairro do Espinheiro inicialmente era ocupado por residências com quintais, no entanto, a partir de 1980 iniciou-se uma intensa verticalização das edificações na área. Neste processo de

urbanização ocorreu o aumento de áreas impermeáveis e o consequente aumento do escoamento superficial, gerando alagamentos na ocasião de chuvas intensas (CABRAL *et al.*, 2009).

Em UFPE (2007) e Melo *et al.* (2013) está relatada a simulação realizada no SWMM e a posterior construção de um microrreservatório de retenção no bairro do Espinheiro, entre a Rua Santo Elias e a Rua Conselheiro Portela. Durante a modelagem, na fase de análise da rede de drenagem foram observados problemas de declividade nas galerias que dificultavam o deslocamento do fluxo. Desta forma, foi necessário modificar as cotas em alguns pontos das galerias.

De acordo com Melo *et al.* (2013) a simulação com um reservatório de retenção para a rua Santo Elias foi bem-sucedida, para uma chuva com tempo de retorno de dois anos, reduzindo o alagamento na área, que antes chegava a uma altura de 50 centímetros nos eventos chuvosos mais intensos. Enquanto que, para uma chuva com tempo de retorno de cinco anos ou mais, o alagamento volta a se formar, no entanto com menores proporções. O microrreservatório simulado para esta área foi efetivamente construído em 2007, com um volume de 200m³.

b) Ruas N. S de Fátima, Frei Atanásio, Frei Félix de Olívola e Alfredo V. de Melo, Bairro de Jardim São Paulo.

Silva e Cabral (2014) estudaram alternativas para conter os alagamentos na bacia do canal da Sanbra, localizada na zona oeste da cidade do Recife. A bacia em estudo foi discretizada em 10 subáreas, sendo 8 delas agrupadas em função dos sistemas de microdrenagem existentes e distribuídas em 5 setores da bacia. Para cada setor, foi atribuído um reservatório de retenção subterrâneo às vias, resultando então, em 5 estruturas de retenção. Os reservatórios eram dotados de dispositivos de controle tipo orifício localizado no fundo, e vertedor de soleira livre, representado por uma abertura de 10 cm no topo da parede de jusante. No geral, o volume total controlado pelos 5 reservatórios foi de 1766 m³.

Para a modelagem hidrológica foram considerados 3 eventos de chuva registrados nos meses de março e abril de 2008 (69,2mm; 77,4mm e 110,2mm). A simulação com os reservatórios em funcionamento apresentou uma diminuição média de 43% da inundação e chegou a reduzir a vazão de pico em 28%. Apesar de haver redução do alagamento, o tempo de inundação no local aumentou, fato este provocado pelo amortecimento das vazões simuladas.

c) Av. João de Barros com a Rua Joaquim Felipe, Bairro da Soledade.

Silva Junior *et al.* (2017) estudou um ponto crítico de alagamento num eixo viário do bairro da Soledade. O citado autor afirma que em períodos de chuva intensa combinados com maré alta, os alagamentos na área chegam a alcançar 30 cm de altura, dificultando o tráfego de veículos e de pedestres. Para a área estudada, foi simulado no SWMM o efeito do reservatório de retenção com capacidade total de armazenamento de 560m³, dotado de dispositivos de controle (orifício e vertedor).

Na modelagem hidrológica foram simulados 2 eventos de precipitação registrados em junho de 2014 (107,60mm) e maio de 2013 (150,80mm), com períodos de retorno calculados de 2 e 5 anos, respectivamente. Para a modelagem hidráulica dos condutos foi considerado o efeito das marés no exutório do sistema, com deságue no rio Capibaribe.

No cenário com controle, foi percebida uma redução no volume inundado, com decréscimo de aproximadamente 38%, corroborando com a redução da vazão de pico para eventos com recorrência

de 5 anos. Para eventos com recorrência de 2 anos, o reservatório de retenção proposto foi satisfatório.

d) Av. Dr. José Rufino, Bairro da Estância.

Em Oliveira (2017) estudou-se um ponto crítico de alagamento da bacia do rio Jiquiá, situado na divisa entre os bairros do Jiquiá e Estância, mais especificamente no cruzamento entre a Avenida Doutor José Rufino e a Rua João Teixeira. A área de contribuição ao ponto de alagamento possui uma taxa de impermeabilização superior a 90% e é predominantemente residencial, com concentração de estabelecimentos comerciais e escolas.

O reservatório simulado possui um volume de armazenamento de 740m³, obtido pelo método das chuvas e ajustado às condições locais e limitações de área. Comparando as situações sem reservatório de retenção e com controle de vazão observou-se uma redução de 63,85% dos valores de pico de vazão na rede de drenagem à jusante do reservatório.

Analisando a relação entre a vazão afluente e efluente ao reservatório verifica-se que 43,7% do volume afluente ao reservatório é armazenado. Para os dias de chuva intensa analisados (eventos com um tempo de retorno de 2 anos) o reservatório apresentou uma capacidade percentual de acumulação de 45% da vazão montante ao ponto crítico de alagamento, resultando em um amortecimento das vazões no sistema de drenagem a jusante.

Estimativa de custos associados a implantação

Silva e Cabral (2014) realizaram uma estimativa financeira associada à construção dos reservatórios de retenção em ruas, resultando num valor de R\$ 571,33 por m³ de água armazenada. Com esse indicador, estimou-se, de forma expedita, o custo para a construção dos reservatórios apresentados neste trabalho (Tabela 1).

De maneira geral, têm-se observado que tal investimento recai sobre o poder público municipal, não só para a construção, mas também, para a manutenção sistêmica da solução adotada. O reservatório construído no bairro do Espinheiro, por exemplo, custou a prefeitura do Recife um investimento de R\$ 336.446,54 e foi executado em 2007. Com a implantação da citada estrutura, os prejuízos financeiros para os comerciantes locais, bem como os transtornos para mobilidade urbana na área foram reduzidos em dias de chuva.

Tabela 1. Investimento estimado para a implantação dos reservatórios.

Reservatório proposto por:	Vol. Armazenado (m ³)	Estimativa de custo para a construção (R\$)
Silva e Cabral (2014)	1766	1.037.473,79
Silva Junior <i>et al.</i> (2017)	560	328.944,65
Oliveira (2017)	740	434.676,85

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, verificou-se nos casos analisados que o reservatório de retenção em logradouros se apresenta como uma boa alternativa para a redução dos alagamentos em áreas fortemente urbanizadas. Em função dos custos e do espaço disponível, os dispositivos foram

dimensionados para eventos de precipitação com recorrência de 2 anos, e a técnica compensatória discutida apresenta desempenho satisfatório. Para os eventos de precipitação com recorrências superiores, os alagamentos ocorrem em proporções bem menores com tempos de inundação também reduzidos.

Em contrapartida, o custo de implantação é elevado e necessita de manutenção sistêmica não só da estrutura de controle, mas também, de toda a rede de drenagem integrante ao reservatório.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. ABRH, Porto Alegre, 2005.

CABRAL, J.J.S.P.; MASCARENHAS, F.B.; CASTRO, M.A.H.; MIGUEZ, M.G.; PEPLAU, G.R.; BEZERRA, A.A. (2009). Modelos Computacionais para Drenagem Urbana. In: *Manejo de águas pluviais urbanas*. Org. por Righetto, A.M., PROSAB, ed. ABES, Natal - RN, pp. 112 - 148.

CABRAL, J.J.S.P.; ALENCAR, A.V. (2005). *Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas: Recife e a convivência com as águas*. Cooperação Brasil - Itália em saneamento ambiental, ed. Gráfica Brasil. Brasília - DF, pp. 111 – 130.

CRUZ, M.A.S; SOUZA, C.F.; TUCCI, C.E.M. (2007). Controle da drenagem urbana no Brasil: Avanços e mecanismos para a sua sustentabilidade. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo, 2007.

EMLURB. Relatório de Andamento do RAP - Caracterização da Área de Influência Direta - AID. In: *Estudo elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife*. (Versão concedida em visita técnica). Recife, out. 2013.

FRAGA, A.T.F.C. (2013) *Interrelação entre o planejamento urbano, ocupação do solo e problemas de drenagem de águas pluviais na Bacia do Rio Arrombados (Cabo-PE)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 200 f.

IBGE (2010). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) – 2008*. IBGE: Rio de Janeiro, 2010. 219 p.

MELO, T.A.T.; COUTINHO, A.P.; CABRAL, J.J.S.P.; CIRILO, J.A.; ANTONINO, A.C.D. (2013). Desafios para o manejo das águas pluviais na cidade do Recife - A contribuição da UFPE. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves - RS, nov. 2013.

OLIVEIRA, R.L.M. (2017). *Alternativas compensatórias para drenagem urbana em ponto crítico da cidade de Recife - PE*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 101 f.

SILVA, P.O.; CABRAL, J.J.S.P. (2014). Atenuação de picos de vazão em área problema: estudo comparativo de reservatórios de detenção em lote, em logradouros e em grande área da bacia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 2 (Abril/Jun), pp. 7 – 18.

SILVA JUNIOR, M.A.B.; SILVA, S.R.; CABRAL, J.J.S.P. (2017). Compensatory alternatives for flooding control in urban areas with tidal influence in Recife - PE. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 22, e19, pp. 1 – 12.

SILVA JUNIOR, M.A.B. (2015). *Alternativas compensatórias para controle de alagamentos em localidade do Recife-PE*. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 154 f.

UFPE- UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (2007). *Relatório Parcial (Parte 2): Manejo Sustentável de Águas Pluviais Urbanas em Região de Clima Litorâneo com Elevadas Precipitações*. Recife- PE, 54 p.

XAVIER FILHO, R.F.; SILVA JUNIOR, M.A.B.; CABRAL, J.J.S.P.; GOMES, A.O. (2016). Controle de escoamento na fonte como alternativa compensatória para os alagamentos em área do Recife-PE. In: *Anais do XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Aracaju - SE, 2016.