

## IX-031 – AÇÕES INTEGRADAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO ESTADO DA BAHIA: O ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LAURO DE FREITAS/BA

**Renavan Andrade Sobrinho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil (UFBA) e Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFBA). Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (UFBA). Engenheiro de Projetos e Operações da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA). Professor Assistente da UFBA. Presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES Seção Bahia (biênio 2013-2015).

**Raimundo Freitas Neves**

Engenheiro Civil pela Universidade Católica do Salvador, Mestre em Administração Pública pela Universidade de Lisboa. Diretor de Águas Urbanas na Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Bahia.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aristides Novis, 2 - Bairro – Federação; Cidade – Salvador; Estado – Bahia; CEP: 40210-630 - País - Tel: +55 (71) 3283-9780 - e-mail: renavansobrinho@gmail.com.

### RESUMO

As chuvas são eventos capazes de gerar muitas catástrofes em bacias hidrográficas, principalmente naquelas delimitadas em áreas urbanas, uma vez que a impermeabilização da superfície do solo impede a infiltração natural das águas provenientes das chuvas, além do fato que o desenvolvimento urbano das cidades tem intensificado a ocorrência dos desastres naturais, devido principalmente à ausência de planejamento, controle de uso do solo, ocupações de áreas de risco em fundo de vales e sistemas de drenagem inadequados. Esse é o caso do município de Lauro de Freitas/Ba. O governo do Estado da Bahia desenvolveu um projeto para mitigação das cheias nas áreas urbanas da cidade de Lauro de Freitas (BA) e considerou a implantação de reservatórios de amortecimento, objetivando diminuir as cheias que afluem à área urbana. O modelo apresentado busca uma inter-relação entre a necessidade de obras de intervenção nos cursos d'água urbanos, juntamente com a necessidade premente de harmonização com o meio ambiente, onde as medidas mitigadoras adotadas levam em consideração a infiltração natural da bacia de drenagem, porém falta no projeto analisado medidas não-estruturais para o controle de enchentes. Sugere-se que as ações estruturais e não-estruturais sejam realizadas de forma conjunta, o que realmente seria um grande avanço, pois seria planejado a gestão territorial urbana, incluindo aí, o saneamento, a mobilidade e a habitação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatório de amortecimento, drenagem sustentável, Lauro de Freitas.

### INTRODUÇÃO

As chuvas são eventos capazes de gerar muitas catástrofes em bacias hidrográficas, principalmente naquelas delimitadas em áreas urbanas, uma vez que a impermeabilização da superfície do solo impede a infiltração natural das águas provenientes das chuvas. O efeito disso, é o aumento dos escoamentos superficiais que podem causar prejuízos à população e ao poder público.

O desenvolvimento urbano das cidades tem intensificado a ocorrência dos desastres naturais, devido principalmente à ausência de planejamento, controle de uso do solo, ocupações de áreas de risco em fundo de vales e sistemas de drenagem inadequados.

Segundo Vicentini (2000), a ocupação desordenada das cidades ocorreu em virtude da falta de diretrizes urbanísticas e da falta de controle na implantação dos loteamentos, fazendo com que a população se instalasse em áreas de risco. Já Souza (2008) afirma que a urbanização descontrolada e não planejada é responsável por gerar fatores responsáveis pelas modificações no ciclo hidrológico e no comportamento da micro e macrodrenagem.

Para Tucci (2009) as consequências da urbanização que mais diretamente interferem com a drenagem urbana são as alterações do escoamento superficial direto e que em casos extremos, verifica-se que o pico da cheia em uma bacia urbanizada pode chegar a ser seis vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais

Vicentini (2000) diz que a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, não só da água, mas também, das atividades econômicas, sociais e dos interesses ambientais, de forma a se ter um gerenciamento integrado, com o intuito da utilização sustentável dos recursos hídricos. Para Campos (2009), a drenagem urbana com premissas ambientais contribui para reduzir os efeitos das chuvas, uma vez que é favorável à manutenção de córregos naturais e ao armazenamento em bacias de detenção.

O gerenciamento da drenagem urbana, na maioria dos casos, se apresenta defasado ao aplicar o conceito da canalização em detrimento à infiltração e à reservação, uma vez que esse tipo de abordagem aumenta a velocidade do escoamento e pode transferir os problemas de inundações para jusante. Neste sentido, a fim de minimizar estes problemas faz-se necessário à adoção de ações estruturantes e não estruturantes que levem em consideração a não transferência das vazões para jusante, propiciando a infiltração natural na bacia de drenagem. Além disso, o planejamento e ordenação das futuras ocupações urbanas, bem como a identificação das áreas de risco ou aquelas sujeitas a inundações são fundamentais para a prevenção destes desastres.

De acordo com Canholi (2005), os problemas de drenagem urbana nas grandes e médias cidades brasileiras que ainda experimentam grande expansão têm-se mostrado calamitosos, o que demonstra a necessidade de procurar soluções alternativas estruturais e não estruturais, além de conhecer melhor a fenomenologia climatológica, ambiental, hidrológica e hidráulica do problema, além dos aspectos sociais e político-institucionais. De acordo com Guerra (2011), para se aumentar a eficiência dos sistemas de drenagem e evitar as inundações deve-se realizar um manejo das águas pluviais, e para tanto torna-se necessário o uso de dispositivos de detenção ou amortecimento da vazão das águas, para atenuar sua energia e diminuir o carregamento de sedimentos para os corpos receptores.

Para Corsini (2011), os reservatórios para controle de cheias (popularmente conhecidos como "piscinões") são estruturas que funcionam para detenção ou retenção de água e têm finalidade de reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas. Possui atuação na bacia hidrológica de uma região, redistribuindo os escoamentos no tempo e no espaço, além de permitir recuperar, em parte, as características de armazenagem dessa bacia. Dessa forma, além de atuar no controle de cheias, os reservatórios urbanos, em alguns casos, podem ser usados para tratar a poluição carregada pela água nas cidades. Os mesmos podem também adquirir funções paisagísticas para se integrar mais harmoniosamente ao ambiente urbano.

No Brasil, os reservatórios para contenção de enchentes passaram a ser implantados na década de 1990. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), tendo em vista o crescimento populacional acelerado e desordenado, ocupação das várzeas dos rios e a impermeabilização do solo, optou-se pela estratégia de retenção temporária da água, por meio da construção de Reservatórios de Contenção de Cheias, como medida mitigatória das enchentes. Em 2003, já existiam em operação 21 dessas unidades na RMSP sendo quatorze no município de São Paulo (SIURB, 2003).

Para Canholi (1995) o importante em um reservatório de contenção de cheias é o volume e a forma de operação. Para o autor, os "piscinões" podem, ainda, ter reservatórios abertos ou fechados. Quando fechados tendem a ser enterrados, dispondo de grandes volumes e geralmente necessita de bombeamento para seu esvaziamento. Quando abertos normalmente são mais rasos e se comunicam diretamente com a rede de drenagem para descarregar por gravidade as águas que vão acumulando.

Outro tipo de construção desses reservatórios pode ser fora do leito do rio e revestido em concreto e ao entorno apresenta vegetação rasteira composta geralmente por gramíneas. O escoamento das águas retidas pode ser por gravidade e com auxílio de bombas elétricas (GIROLDO, 2003).

Os reservatórios de contenção de cheias apresentam algumas vantagens durante a estiagem, onde permanecem secos possibilitando o seu uso como área de lazer tais como pista de "cooper", campo de futebol, quadra poliesportiva, "playground" (CANHOLI, 1995). Por outro lado, no período chuvoso, essas unidades recebem imenso volume de água contendo matéria orgânica, lixo, os mais variados tipos de entulhos e animais mortos. Assim nesses reservatórios, após o escoamento das águas, formam-se ambientes propícios aos microrganismos patogênicos, bem como a fauna sinantrópica de roedores e insetos como baratas, moscas e mosquitos (URBINATTI, 2007).

Este artigo visa analisar a solução proposta para a sede do município de Lauro de Freitas pelo Governo do Estado da Bahia, por meio da implantação de reservatórios de amortecimento de cheias ao longo do rio Ipitanga e seus efluentes.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Lauro de Freitas faz parte da Região Metropolitana de Salvador, e situa-se numa faixa costeira do Estado da Bahia (Figura 1), com uma população de cerca de 184 mil habitantes (IBGE, 2013).

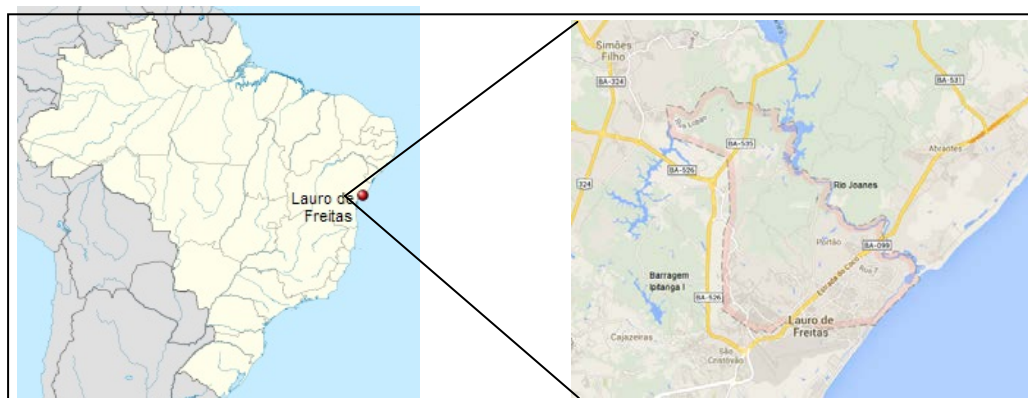


Figura 1: Localização das intervenções propostas

Os rios que cruzam o município de Lauro de Freitas não possuem sua foz no Oceano Atlântico, sendo o principal deles o rio Ipitanga. Esse rio corta o núcleo urbano de Lauro de Freitas, desde as imediações do aeroporto Internacional Deputado Luiz Eduardo Magalhães até a sua foz, no rio Joanes, onde deságua após percorrer um trajeto da ordem de 8 km pelo interior da sede municipal.

Os problemas com as enchentes são frequentes no município de Lauro de Freitas, sendo as mais severas as ocorridas nos anos de 1999, 2003 e 2005. Recentemente, em 2010, ocorreu nova inundação, afetando milhares de pessoas. A Figura 2 apresenta algumas enchentes ocorridas, mostrando a magnitude do problema.



**Figura 2: Registros das enchentes ocorridas em Lauro de Freitas.**  
**Fonte: BAHIA, 2002**

## MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se a metodologia analítica, modalidade de estudo de caso, tomando como referência os estudos desenvolvidos pelo Estado da Bahia, balizados para elaboração de ações mitigadoras ou redutivas dos impactos relacionados aos alagamentos urbanos por meio da implantação de reservatórios de amortecimento.

Foram analisados os estudos realizados para avaliação da condição estrutural e a situação ocupacional do rio Ipitanga e dos canais urbanos, bem como as vazões contribuintes e a capacidade de escoamento. Neste sentido, baseando-se nos estudos realizados pelo Governo do Estado da Bahia e enfatizando a importância da chamada “Drenagem Sustentável”, buscou-se avaliar a natureza das ações preventivas e/ou mitigadoras que considerem a correção das vazões ao longo do curso d’água, propiciando a infiltração natural na bacia de drenagem.

A drenagem sustentável leva em consideração os princípios do ciclo hidrológico, promovendo sua manutenção, no tempo, no espaço e em relação à qualidade da água. Essa abordagem procura evitar os problemas decorrentes da drenagem convencional, que geralmente é mais onerosa na instalação.

## ANÁLISE DO PROJETO PROPOSTO

O projeto proposto para mitigação das cheias nas áreas urbanas da cidade de Lauro de Freitas (BA) considerou a implantação de reservatórios de amortecimento, objetivando diminuir as cheias que afluem à área urbana, isto é, trecho entre a Barragem Ipitanga I e a segunda ponte da Estrada do Coco. A partir deste ponto até a foz no rio Joanes, foi proposta efetuar intervenções que aumentem a capacidade de escoamento do rio, por meio do aumento e desassoreamento da calha principal do curso d’água, conforme apresenta a Figura 3 (BAHIA, 2012).





**Figura 3 – Localização dos Reservatórios de Amortecimento Propostos**

Fonte: BAHIA, 2012

Os reservatórios de amortecimento seguem uma "linha" ao longo do rio Ipitanga (ou dos seus afluentes; rio Itinga ou Caji-Picuaia), desenvolvendo um corredor verde, formado por sua mata ciliar, que vem proteger e recuperar os ecossistemas, diminuir o impacto das enchentes, melhorar a qualidade de vida das comunidades que vivem no entorno dos mananciais, restaurando sua importância ambiental e criando uma paisagem de boa convivência com a natureza (BAHIA, 2012).

O barramento foi estruturalmente projetado em gabiões, com condutos assentados no vale do rio, atravessando a seção do barramento, funcionando como descarga de fundo, propiciando o escoamento das vazões naturais. Além disso, no corpo do barramento, serão implantados vertedores que promoverão o escoamento das vazões na ocasião das enchentes. Dessa forma, os reservatórios acumularão temporariamente as águas pluviais, amortecendo as cheias a partir de dois efeitos conjugados: a redução das vazões pela elevação do nível das águas nas bacias de detenção e o retardamento do pico da onda de cheia pelo volume armazenado (BAHIA, 2012).

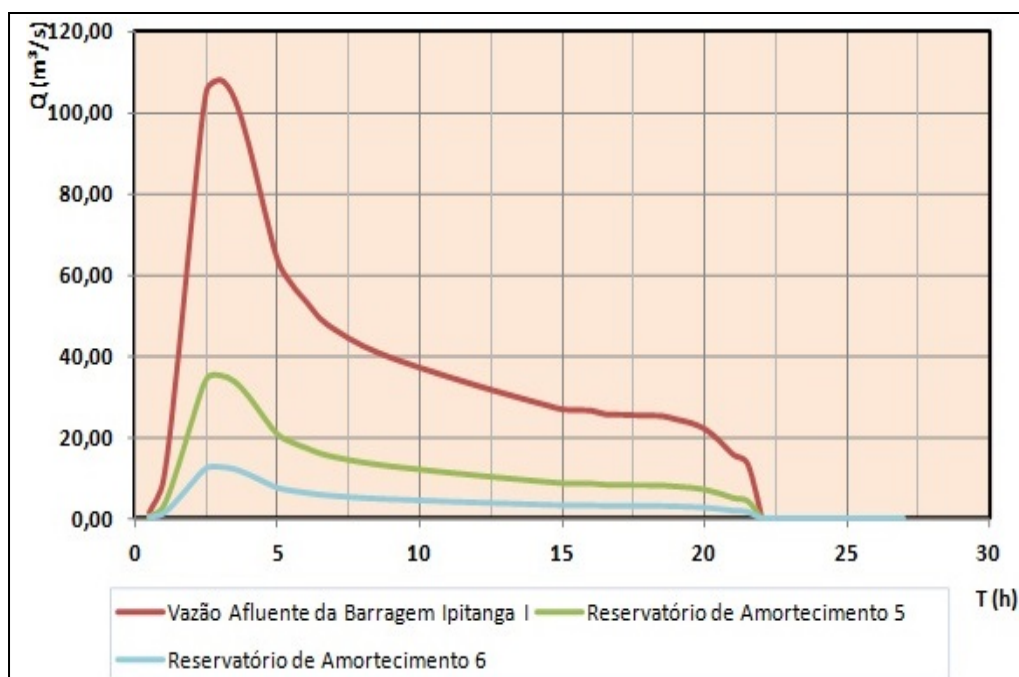
Nas áreas das bacias de detenção serão implantados parques lineares, que poderão ser utilizados como áreas de lazer pelas comunidades locais (quadras de esporte, jardins, etc.). Por ocasião das enchentes as áreas serão inundadas e, posteriormente à passagem das cheias, o volume acumulado escoará, através das tubulações previstas no fundo do barramento, e as áreas inundáveis voltarão a ficar disponíveis para o uso da população (BAHIA, 2012).

Entre o Reservatório de amortecimento 4 e a foz no rio Joanes, trecho mais crítico caracterizado por frequentes alagamentos, o estudo realizou simulações hidrodinâmicas - por meio do software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System), em regime permanente, para as cheias com tempo de retorno de 25 anos. Identificou-se as condições de escoamento para as vazões de projeto, caracterizando possíveis seções ou trechos que estejam limitando a passagem dos caudais, o que ocasiona atualmente o extravasamento da calha do rio e, consequentemente, as inundações.

Para o desenvolvimento das simulações utilizou-se a equação de Manning para o cálculo dos gradientes de energia ao longo do escoamento. O estudo definiu o coeficiente da Equação de Manning, representativo para o canal em estudo, com valores de 0,030 para calha menor do rio e de 0,035 para as margens. Esta definição foi realizada a partir de comparação das condições locais com valores recomendados pelo IPH (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

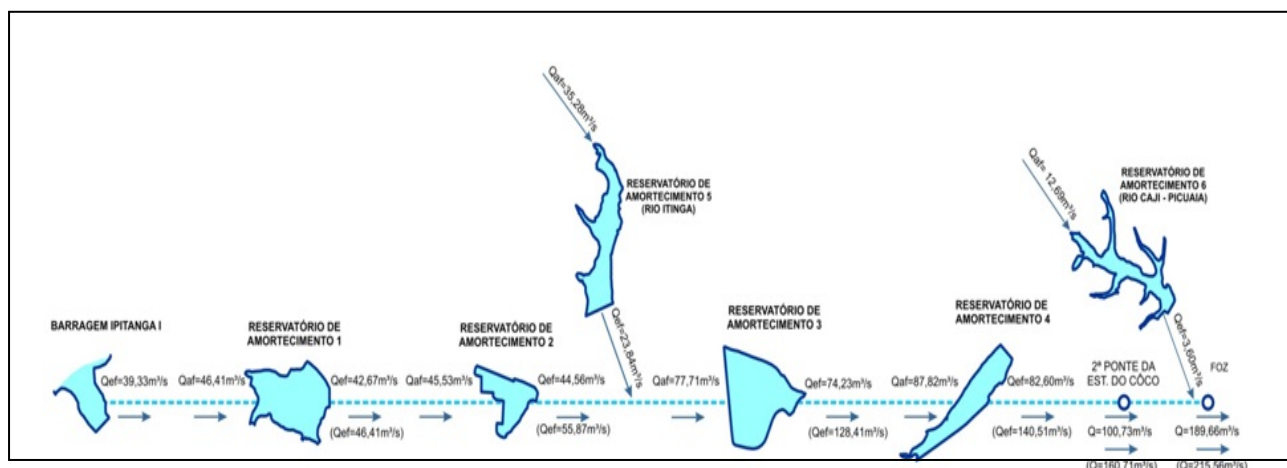
Analizando-se os resultados obtidos nas simulações hidrodinâmicas do trecho mais crítico, entre o Reservatório de Amortecimento 4 e a foz no rio Joanes, a partir dos dados hidrológicos - para o período de retorno de 25 anos, apresentados na Figura 4, constata-se que nas condições atuais a vazão afluyente é muito alta, contrastando com a redução na capacidade de escoamento do rio Ipitanga nos trechos antropizados, devido à existência de seções estreitas, fato esse que ocasionam a elevação da lâmina d'água e o afogamento das áreas marginais do rio.



**Figura 4 – Hidrogramas do Rio Ipitanga (afluente à Barragem I), Rio Itinga e Rio Caji-Picuaia**

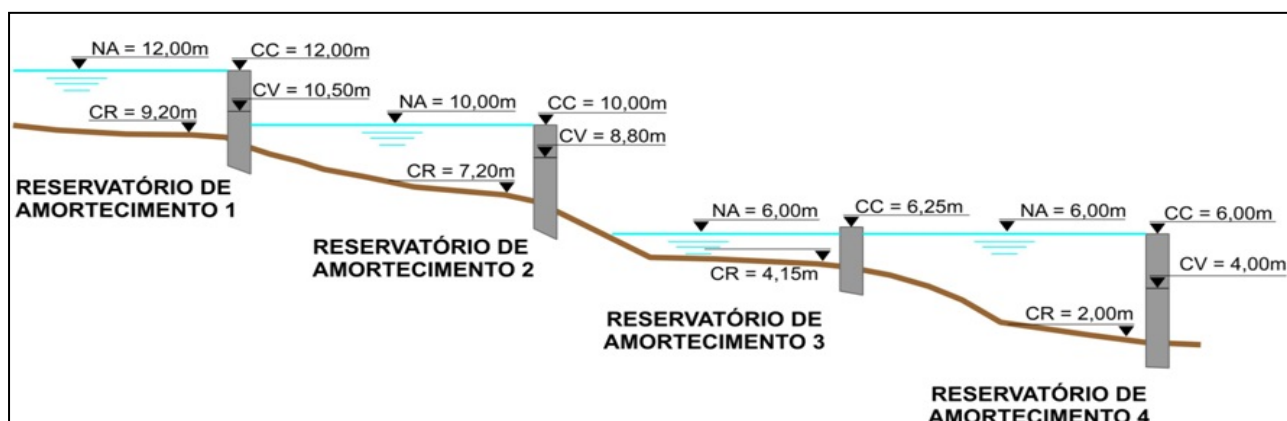
Fonte: BAHIA, 2012

As soluções propostas chegaram a resultados bastante satisfatórios, pois os reservatórios reduzirão as cheias do rio Ipitanga na sua foz, de 216 m³/s para 190 m³/s, sendo que, na seção mais crítica (segunda ponte da Estrada do Coco), a redução é de 160 m³/s para 100 m³/s, conforme apresentam as Figuras 5 e 6, em que as vazões entre parênteses representam a situação atual, sem os reservatórios de amortecimento.



**Figura 5 – Esquema geral dos impactos produzido pelos reservatórios de amortecimento propostos**

Fonte: BAHIA, 2012



**Figura 6 – Perfil esquemático dos Reservatórios Propostos ao longo do Rio Ipitanga**

Fonte: BAHIA, 2012

Com as intervenções propostas para o tempo de retorno de 25 anos, as vazões no rio Ipitanga ocorrerão sem provocar inundações, principalmente no seu trecho médio e baixo, e quando não houver a simultaneidade das cheias no rio Ipitanga e no rio Joanes.

As medidas estruturais propostas correspondem às obras de engenharia que realmente são necessárias para prevenir os problemas decorrentes das enchentes, devido a ocupação do solo com a redução excessiva das margens dos rios urbanos. São medidas implementadas com o intuito de reduzir o risco de enchentes, modificando o sistema fluvial e não deixam de ser mais onerosas, porém para o caso em estudo tem que ser implementadas.

As medidas estruturais não devem ocorrer sem que ocorram medidas não estruturais em paralelo. Essas sim podem ser promovidas por meio de ações de interesse social que busquem modificar os padrões de comportamento da população, tais como meios legais, sanções econômicas e programas educacionais. Para tanto são necessárias a implantação pelo município de normas, regulamentos e programas que visem a educação ambiental, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, além da implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem implantados, não apenas os reservatórios de amortecimento, mais também a microdrenagem.

## CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido para o manejo de águas pluviais de Lauro de Freitas trata-se de experiência única no Estado da Bahia, onde pela primeira vez, existe um descolamento do modelo tradicional de drenagem urbana, que prezava apenas pela retificação e revestimento dos rios urbanos.

O modelo apresentado busca uma inter-relação entre a necessidade de obras de intervenção nos cursos d'água urbanos, juntamente com a necessidade premente de harmonização com o meio ambiente, onde as medidas mitigadoras adotadas levem em consideração a infiltração natural da bacia de drenagem, porém falta no projeto analisado medidas não-estruturais para o controle de enchentes. Sugere-se que as ações estruturais e não-estruturais sejam realizadas de forma conjunta, o que realmente seria um grande avanço, pois seria planejado a gestão territorial urbana, incluindo aí, o saneamento, a mobilidade e a habitação.

As áreas de grande adensamento populacional e ocupadas de forma desordenada ao longo do tempo, onde as habitações se situam totalmente às margens do Rio Ipitanga e afluentes, em alguns trechos, são um fator importante nesse novo modelo de ação integrada, onde devem haver a relocação de casas e a implantação de equipamentos urbanos evitando novas ocupações e a implantação de áreas de lazer para a comunidade. No que diz respeito ao saneamento, poderão ser realizados o esgotamento sanitário de parte da bacia hidrográfica, o que não era possível devido a forma desordenada das habitações e a ocupação das margens dos rios, porém não observa-se atividades de educação ambiental e convivência da comunidade com os futuros equipamentos e nem medidas que informem a população da necessidade de desocupar as margens dos rios urbanos.



Comparando com os referenciais bibliográficos o modelo em questão vem sendo implantado em países da Europa e no Brasil, mais precisamente nos municípios de São Paulo, Belo Horizonte e Curitiba já a mais de duas décadas. Sabe-se que a implantação dos reservatórios de amortecimento de forma isolada tendem a minimizar o problema das enchentes, porém ocasionam outras questões ambientais como a proliferação de vetores. Dessa forma, o estudo de caso de Lauro de Freitas pode, em pouco tempo, se tornar exemplo para a concepção de novas obras com esse modelo no Estado da Bahia, evitando-se a simples retificação do leito dos rios, e revertendo o problemas para jusante, mas deve obrigatoriamente ser complementada por ações não-estruturais.

A resolução dos problemas das enchentes vai além de uma questão técnica de engenharia. Ela envolve uma integralização entre o poder público e a comunidade, principalmente através de medidas não estruturais como a educação e conscientização dos habitantes. As medidas não estruturais defendem a melhor convivência da população com as enchentes, sendo fundamental a combinação dessas medidas com as medidas estruturais, podendo assim minimizar significativamente os prejuízos que hoje ocorrem no município de Lauro de Freitas com as recorrentes inundações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Bahia – SEDUR. **Intervenções Integradas Para o Manejo de Águas Pluviais no Município de Lauro de Freitas**. Salvador-BA, 2012
2. CAMPOS, E. F. **Avaliação da distribuição da chuva nas vazões máximas urbanas usando dados de radar e pluviógrafo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 151 f. 2009
3. CANHOLI A.P. **Soluções estruturais não convencionais em drenagem urbana**. Tese de doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da USP; 1995.
4. CANHOLI, A.P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
5. CORSINI R. **Piscinões para controle de cheias (Dimensionamento, projeto, custos e manutenção de reservatórios de contenção de enchentes em espaços públicos)**. Editora PINI, 2011.
6. GIROLDO J. **Reservatórios de Contenção de Cheias existentes na R.M.S.P.: contribuição para análise de projeto, operação e manutenção**. Dissertação de mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da USP; 2003.
7. GUERRA, A. E. **Qualidade e Eficiência dos Serviços de Saneamento**. In: ATLAS de Saneamento. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 27-44, 2011.
8. IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.
9. IPH; TUCCI, C. E. M.; VILLANUEVA, A. O N; TASSI, R.; NEVES, M. G. F. P.; ALLASIA, D. G. **Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre - Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - volume II**. 2002.
10. SOUZA, T. F. **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 231 f., 2008.
11. SIURB - Secretaria de Infra Estrutura Urbana do Município de São Paulo. **Drenagem urbana: as águas da cidade de São Paulo**. São Paulo, 2003.
12. TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
13. URBINATTI, P.R. **Reservatório de contenção de cheias e a proliferação de mosquitos na capital paulista**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007.
14. VICENTINI, T. A. **Análise do efeito da urbanização nas cheias urbanas – Monitoramento de bacias experimentais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 177 f., 2000.