

XII Simpósio Brasileiro de  
Recursos Hídricos  
Vitória, novembro 1997

ABR 4

Controle de Enchentes Urbanas na  
Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Jerson Kelman e Paulo Canedo Magalhães<sup>1</sup>

**Resumo** – Descreve-se alguns problemas encontrados no dimensionamento e na construção de estruturas de controle de cheias na Baixada Fluminense, uma região pobre próxima à cidade do Rio de Janeiro.

**Abstract** – We describe some problems found in the design/construction of flood control structures in Baixada Fluminense, a low income region close to the city of Rio de Janeiro.

**Palavras-chave** – controle de cheias, Baixada Fluminense, Programa Reconstrução-Rio

### INTRODUÇÃO

Parte da Baixada Fluminense, localizada nas cercanias da cidade do Rio de Janeiro, foi objeto de inúmeras intervenções patrocinadas pelo governo federal a partir da década de 30, para combate às enchentes. Entre estas, a construção de canais, diques, comportas e estações de bombeamento que visavam essencialmente o combate às endemias de veiculação hídrica e a recuperação de extensas áreas alagadiças. As estruturas hidráulicas foram projetadas para uso agrícola, e não urbano, já que os critérios de projeto então empregados admitiam a ocorrência de inundações de curta duração.

O processo migratório que se iniciou a partir da década de 50, e que se acelerou a partir da década de 70, fez com que as áreas fronteiriças à cidade do Rio de Janeiro fossem intensamente ocupadas por numerosos contingentes populacionais que lá foram edificar suas moradias, em geral de forma desordenada. Hoje, a Baixada Fluminense abriga mais de

---

<sup>1</sup> Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia – COPPE-UFRJ, Caixa Postal 68540, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ.

3 milhões de habitantes, em 6 municípios. O caótico processo de urbanização acarretou as seguintes consequências:

- ocupação do leito maior dos rios e em muitos casos do leito menor, o que tem impossibilitado a construção de avenidas canais e a manutenção dos cursos d'água;

- acelerado processo de assoreamento, devido ao desmatamento das encostas e ao lixo não recolhido por administrações municipais bastante carentes;

- aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização da bacia hidrográfica;

- destruição das estruturas hidráulicas, particularmente comportas e bombas, para venda dos componentes como sucata, ou por puro vandalismo.

Não é surpresa, que, com o passar dos anos, diferentes tempestades de verão de intensidade semelhante, provoquem cheias cada vez mais devastadoras, formando contingentes de flagelados cada vez mais numerosos. O problema tem sido agravado pela política de saneamento, que apesar de levar água encanada à maior parte dos domicílios da Baixada, tem falhado no estabelecimento de uma estrutura de coleta e tratamento de esgotos. Hoje, toda a Baixada é entrecortada por uma rede de valas poluídas que transbordam por ocasião das chuvas, causando sérios problemas de saúde para a população.

Em fevereiro de 1988, uma cheia excepcional deixou um rastro de destruição, mortes e doenças. Este evento motivou o Governo do Estado do Rio de Janeiro a criar um programa emergencial de reestruturação da infraestrutura urbana das áreas afetadas, com ênfase em obras de macrodrenagem. O Programa Reconstrução-Rio obteve financiamento do Banco Mundial (BIRD) e da Caixa Econômica Federal (CEF). Por diversas razões de caráter político-administrativo, a parte principal das obras de macrodrenagem, no valor total de US\$ 150 milhões<sup>2</sup> só começou a ser executada em 1994, tendo sido concluída em 1996.

---

<sup>2</sup>Somatório dos repasses feitos pela CEF, convertidos em dólar na data da transferência para o Estado do Rio de Janeiro.

A intervenção constou de três tipos de obras:

- (i) aperfeiçoamento da capacidade de escoamento dos rios e canais;
- (ii) construção de duas barragens de contenção de cheias;
- (ii) remoção de obstáculos ao escoamento, principalmente pontes mal dimensionadas.

## CONDICIONANTES DO PROJETO

Descreve-se na seqüência os critérios adotados, bem como alguns condicionantes que impuseram a escolha da solução do problema, e da sua correspondente modelagem hidráulica.

### Campo De Gericinó

Existe na Baixada no Fluminense uma extensa área de propriedade do Exército, utilizada para exercícios militares. A Fundação Superintendência de Rios e Lagoas - SERLA e o Exército realizaram um convênio para permitir a construção de uma barragem de contenção de cheias transversal ao Rio Sarapuí, que corta o Campo de Gericinó. Posteriormente o convênio foi ampliado para permitir a construção de uma segunda barragem, transversal ao Rio Pavuna, que também corta o Campo de Gericinó, com alinhamento aproximadamente paralelo ao Sarapuí. Ambas as barragens têm as cristas interligadas na cota 23 m por uma pista com comprimento total de cerca de 3600 m e se localizam perto da extremidade de jusante do Campo de Gericinó, nas proximidades dos município de Nilópolis (Sarapuí e Pavuna) e do Rio de Janeiro (Pavuna). A área de drenagem conjunta das duas bacias, nas barragens, é de 73 Km<sup>2</sup>.

As barragens podem ser visualizadas como uma extensa parede, com altura máxima de cerca de 10 m, perpendicular ao curso dos dois rios, com dois orifícios, um localizado no curso do Rio Sarapuí e o outro no curso do Rio Pavuna. Na situação normal, quando não estiver chovendo, ou estiver chovendo "pouco", os rios fluirão pelo respectivos orifícios, sem maiores alterações. Assim, quem visitar as barragens num dia normal poderá ficar desapontado por não encontrar o espelho d'água que a maior

parte das pessoas associa à imagem de uma barragem. No entanto, sempre que chover intensamente, a vazão dos rios poderá ultrapassar a capacidade dos orifícios, formando-se uma retenção de água atrás das barragens, que irá inundar por algumas horas parte do Campo de Gericinó. Para que se tenha idéia deste efeito, para o evento com tempo de recorrência de 20 anos, o pico de vazões afuentes a Gericinó será de 171 m<sup>3</sup>/s, na barragem do Sarapuí, e de 51 m<sup>3</sup>/s na barragem do Pavuna. Já as vazões efluentes, isto é, as que passam pelos orifícios, serão respectivamente de 32 m<sup>3</sup>/s e 12 m<sup>3</sup>/s. Isto significa que os picos das descargas, para o mesmo evento meteorológico, são respectivamente 19% e 24 % do que eram antes da construção. Por consequência, o nível d'água a jusante da barragem é agora bem mais baixo do que era antes da construção, para eventos meteorológicas de análoga intensidade. Este rebaixamento tem efeito não apenas nos cursos d'água principais, mas também em seus afluentes que drenam os municípios de Nilópolis, Rio de Janeiro, Belfort Roxo, São João de Meriti e Duque de Caxias. Tudo se passa como se as inundações fossem transferidas da região a jusante das barragens, onde a população mora, para montante das barragens, onde ninguém mora. Para o evento mencionado, com tempo de recorrência de 20 anos, o rebaixamento do nível d'água no Rio Sarapuí atingiria quase 3 metros, no município de Nilópolis e o volume retido no reservatório seria de cerca de 1,5 milhão de metros cúbicos.

No reservatório temporário, o nível d'água ficaria abaixo da cota 19 m, que é o nível d'água a partir do qual ocorre vazão pelo vertedor em adição à vazão pelo orifício. Para a situação limite, em que o nível d'água alcança a cota 22 m, a apenas 1 metro da crista da barragem o volume do reservatório será de 13,8 milhões de metros cúbicos.

A construção das barragens tornou dispensável a canalização do Rio Sarapuí a jusante da barragem, uma obra cujo custo havia sido estimado em mais de US\$ 30 milhões. Já para o Rio Pavuna, não foi possível evitar a canalização do trecho de cerca de 6,5 Km, que funciona como limite entre os municípios do Rio de Janeiro e Nilópolis (montante)-São João de Meriti (jusante). A barragem tornou possível a canalização, por diminuir

as dimensões da seção transversal, o que resultou em substantiva diminuição da quantidade de reassentamentos.

### Influência da Maré

Como o próprio nome sugere, a Baixada Fluminense é uma extensa região com cotas muito baixas. Em certos cursos d'água, o remanso causado pela maré pode ser observado a 20 km da foz. Nestas condições, o cálculo de capacidade de escoamento dos rios principais não pode ser baseado em escoamento uniforme, que supõe que a declividade da linha d'água seja a mesma que a do fundo, como por exemplo a Equação de Manning. Adotou-se a modelagem baseada em escoamento gradualmente variado. A rigor, seria necessário ainda um estudo da distribuição conjunta de probabilidades das variáveis aleatórias "precipitação intensa" e "nível d'água na Baía". No entanto, adotou-se a cota de 0,60 m (IBGE) para o nível d'água na Baía, que corresponde à média dos níveis máximos diários.

### "Polders"

Muitas áreas têm cotas abaixo do nível de inundação dos rios principais, Iguçu e Sarapuí. Nestes casos, formam-se os "polders", que são áreas isoladas por diques. Como a drenagem interna na área do "polder" não pode ser encaminhada diretamente para o rio principal, devido à existência do dique, cria-se um canal auxiliar que corre paralelo ao rio principal e que em alguns locais se comunica com o rio principal, por sob o dique, através de dutos dotados de comportas "flap". Assim, o escoamento somente ocorre do canal auxiliar para o rio principal. Quando o nível d'água do rio principal se encontra mais elevado do que o do canal auxiliar, as comportas se fecham e o canal auxiliar acumula temporariamente toda a água proveniente da drenagem do "polder", possivelmente extravasando para uma área não habitada, chamada de "zona de inundação", até que o nível do rio principal baixe e que as comportas se abram. As variáveis de projeto neste caso são: a dimensão do canal auxiliar, a área não habitada a ser preservada como zona de inundação do canal auxiliar, bem como a localização e capacidade das comportas flap. O dimensionamento destas variáveis só pode ser feito

levando-se em consideração a variação no tempo dos níveis, tanto do rio principal, quanto do canal auxiliar. Para isto, é preciso empregar uma modelagem hidrodinâmica do fenômeno.

Descartou-se no Reconstrução-Rio a alternativa de se utilizar bombas para garantir o escoamento do canal auxiliar para o rio principal, nas ocasiões em que as comportas "flap" estiverem fechadas. Esta alternativa é tecnicamente perfeita, tendo como principal vantagem a diminuição da zona de inundação. Foi empregada no passado na própria Baixada Fluminense e é atualmente adotada em muitos "polders", em todo o mundo. Entretanto, pressupõe uma eficaz manutenção, que é incompatível com a capacidade demonstrada pelo poder público, em todos os níveis, nos últimos 30 anos. Portanto, adotou-se a posição de descartar uma possibilidade tecnicamente aceitável, embora não necessariamente a melhor, pelo receio de que os pesados investimentos viessem a ser inutilizados, no futuro, por má manutenção. Um técnico não pode dimensionar uma estrutura hidráulica no Brasil da mesma forma que dimensionaria na Holanda, baseado apenas nos princípios da Hidráulica. É preciso levar também em conta as restrições institucionais.

Especificamente para o caso do Canal Auxiliar da margem direita do Rio Sarapuí, com extensão de cerca de 8 Km ao longo dos municípios de São João de Meriti (montante) e Duque de caxias (jusante), adotou-se a solução numérica das equações de Saint-Venant, utilizando como condições de fronteira: (i) ciclos periódicos de maré na Baía; (ii) variação de vazão com o tempo em diversos locais dos cursos d'água, obtidas pelo emprego de um modelo chuva-vazão, assumindo diversas hipóteses para a ocorrência simultânea de precipitação, tanto na bacia hidrográfica como um todo, como na área do polder. Deve-se ressaltar que o dimensionamento foi feito assumindo que a área presentemente não habitada, principalmente ao longo do Canal Auxiliar no município de Duque de Caxias, funcionará como zona de inundação. Portanto, qualquer transigência das autoridades municipais, no sentido de permitir a construção de edificações nesta área, anulará o sistema de controle de cheias em extensas áreas do próprio município de Duque de Caxias, bem como no de São João de Meriti.

### Tempo de Recorrência

Sabe-se que obra alguma de controle de inundações, em lugar algum do mundo, garante proteção total. Na realidade, o risco de inundação, num ano qualquer, é um critério de dimensionamento. Quanto menor for o risco escolhido, mais cara será a obra de proteção de uma determinada localidade. Ou equivalentemente, para um dado orçamento global, quanto menor for o risco, menos localidades poderão ser contempladas com obras de proteção. No Reconstrução-Rio adotou-se, sempre que possível, o risco de 5%. Isto significa que o "tempo de recorrência" selecionado foi de  $1 \div 0,05 = 20$  anos. Trata-se de um conceito estatístico que merece uma explicação. Quando se diz que o tempo de recorrência é de 20 anos, isto não significa que a próxima inundação ocorrerá daqui a 20 anos. Ao contrário, ela pode ocorrer a qualquer momento. 20 anos é o intervalo médio entre inundações.

Em muitos casos não foi possível adotar risco anual de 5% porque a correspondente solução envolveria gastos astronômicos. Este é o caso, por exemplo, da galeria sob a Rua Délio Guaraná, em São João do Meriti e do alargamento e aprofundamento do Rio Bota, em Belfort Roxo, em que se adotou riscos de extravasamento respectivamente iguais a 10% e 12%.

Em outros casos, a adoção do critério de risco anual de 5%, ainda que exequível, poderia conduzir a uma decisão insensata, por resultar em custo muito superior ao que seria associado a uma alternativa com risco ligeiramente superior a 5%. A Figura 1 ilustra o conceito com um exemplo hipotético. Para se atingir o risco de 5%, seria necessário realizar um canal em concreto, de construção bastante cara. Já se fosse admitido um risco de, digamos 7%, seria possível uma solução com seção em terra, a um custo bastante reduzido. Em situações como esta, teria sido escolhida a solução de canal em terra, privilegiando o bom senso.

O ideal seria que não se adotasse um risco meta arbitrário e sim que cada alternativa de projeto, associada a um risco possivelmente diferente de 5%, fosse analisada procurando-se cotejar o custo de implantação com o valor esperado do benefício. Importante progresso nesta direção foi alcançado em tese de mestrado (COPPE-UFRJ) desenvolvida por João

## CONCLUSÃO

O projetista deve rejeitar alternativas tecnicamente sofisticadas sempre que recear que os correspondentes investimentos venham a ser inutilizados, no futuro, por má manutenção. Um técnico não pode dimensionar uma estrutura hidráulica no Brasil da mesma forma que dimensionaria na Holanda, baseado apenas nos princípios da Hidráulica. É preciso levar também em conta as restrições institucionais