

IX-078 - CONTROLE DE CHEIAS EM VILA FRATERNIDADE (DUQUE DE CAXIAS/RJ) – SIMULAÇÃO MATEMÁTICA DE CENÁRIOS DE PROJETO

Aline Pires Veról⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola Politécnica da UFRJ. Mestre em Ciências em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Pesquisadora do Laboratório de Hidráulica Computacional, da COPPE/UFRJ. Doutoranda em Engenharia Civil na COPPE/UFRJ.

Marcelo Gomes Miguez

Professor Adjunto da Escola Politécnica/UFRJ. Doutor em Ciências em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ.

Vivian Melo do Amaral

Mestre em Ciências em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, 149 – CT – 2º andar, sala I206 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909- Brasil - Tel: (21) 2562-7833 - e-mail: alineverol@coc.ufrj.br

RESUMO

A falta de infra-estrutura urbana eficiente, aliada à favelização, à urbanização desordenada e ao problema do lixo gera graves problemas para as cidades, entre eles o das enchentes. As cheias e, em particular, as cheias urbanas, têm levado inúmeros pesquisadores a buscarem uma solução efetiva para o seu controle. Vila Fraternidade, região de assentamento irregular localizada na bacia do Rio Sarapuí, no Município de Duque de Caxias (RJ), vem sofrendo constantemente com as consequências das enchentes. A região está assentada em cotas baixas e possui características típicas de áreas muito pobres, com ausência de saneamento básico, ocupação de áreas marginais aos cursos d'água e carência de infra-estrutura de uma forma geral. Diversos estudos para o controle de cheias da região de Vila Fraternidade foram desenvolvidos ao longo do tempo. Um dos mais importantes estava incluído no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí, que propôs medidas de controle de cheias para diversas áreas da bacia dos rios Iguaçu e Sarapuí, como Vila Fraternidade, publicado pela primeira vez em 1996. Mais recentemente, no ano de 2007, este estudo sofreu revisões, com adequações das soluções propostas de modo a corresponder com aquelas desenvolvidas para atender ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Este trabalho tem como objetivo avaliar soluções, com base nas simulações realizadas com um modelo de células de escoamento, que administrem o problema das freqüentes cheias em Vila Fraternidade e que estejam de acordo com as premissas indicadas no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí e as posteriores revisões realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de cheias urbanas, pôlder, modelagem matemática, MODCEL.

INTRODUÇÃO

A falta de infra-estrutura urbana eficiente, aliada à favelização, à urbanização desordenada e ao problema do lixo gera graves problemas para as cidades, entre eles o das enchentes. As cheias e, em particular, as cheias urbanas, têm levado inúmeros pesquisadores a buscarem uma solução efetiva para o seu controle. A compreensão da maneira como a urbanização interfere nelas é muito importante para que o planejamento e o controle de enchentes urbanas sejam realizados de forma adequada.

Vila Fraternidade, região de assentamento irregular localizada na bacia do Rio Sarapuí, no Município de Duque de Caxias (Figura 1), região metropolitana do Rio de Janeiro, está constantemente sofrendo com as consequências das enchentes. A região está assentada em cotas baixas e possui características típicas de áreas muito pobres, com ausência de saneamento básico, ocupação de áreas marginais aos cursos d'água e carência de infra-estrutura de uma forma geral. Algumas casas, em condições precárias, estão em cotas absolutas de 1,00m.



Figura 1: Vila Fraternidade, em Duque de Caxias (RJ)

Uma das 56 favelas existentes no município de Duque de Caxias, com uma área de 0,83 km², a comunidade localiza-se na margem esquerda do Rio Sarapuí. É limitada, a montante, pela rua Gaspar Ventura, que é margeada por um canal de mesmo nome e, a jusante, pela Avenida Presidente Kennedy, margeada pelo canal Gomes Freire. Ao norte, é limitada pela rua Lauro Sodré e pela Avenida Gomes Freire.

Vila Fraternidade está protegida dos extravasamentos do canal Gaspar Ventura em função da existência de um dique, construído ao longo de todo o canal. Por outro lado, o extravasamento do canal Gomes Freire afeta bastante a região, contribuindo para as constantes cheias que ali ocorrem.

Este trabalho tem como objetivo verificar as soluções propostas como medidas de controle de cheias em Vila Fraternidade, com base nas simulações realizadas com um modelo de células de escoamento, o MODCEL (Míguez, 2001), e que estejam de acordo com as premissas indicadas no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí (SERLA-COPPE/UFRJ, 1996) e as posteriores revisões realizadas (Fundação Dom Cintra, 2007).

HISTÓRICO DE PROJETOS

Diversos estudos para o controle de cheias da região de Vila Fraternidade foram desenvolvidos ao longo do tempo. Um dos mais importantes estava incluído no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí, que propôs medidas de controle de cheias para diversas áreas da bacia dos rios Iguaçu e Sarapuí, incluindo Vila Fraternidade. O Plano Diretor foi publicado, pela primeira vez, no ano de 1996. A solução prevista para Vila Fraternidade foi a da implantação de um pôlder, com cota de alagamento de 1,55 m.

O projeto de um pôlder (Semads, 2001) é indicado para áreas de baixas elevações, regiões que deveriam ser preservadas do extravasamento do rio. A construção de diques evita o extravasamento das margens, isolando este trecho do rio principal de suas planícies de inundação.

Do ponto de vista hidráulico, a drenagem das áreas internas protegidas é garantida pela implementação de canais locais que, além de contribuir com as necessidades locais de drenagem, também armazena a água das chuvas temporariamente. Essa água é, então, conduzida por comportas FLAP, com ou sem estações de bombeamento, até o rio. A operação deste tipo de comporta é por gravidade, em sentido único, para a remoção das águas de chuva precipitadas no interior do reservatório de acumulação. Esta comporta se fecha automaticamente quando os níveis d'água externos estão mais altos, prevenindo o retorno do fluxo de água. Após a passagem das enchentes, a comporta se abre, permitindo remover os deflúvios retidos. A Figura 2 apresenta uma vista esquemática de um pôlder. Ali também podem ser vistas comportas do tipo FLAP e um canal de cintura.

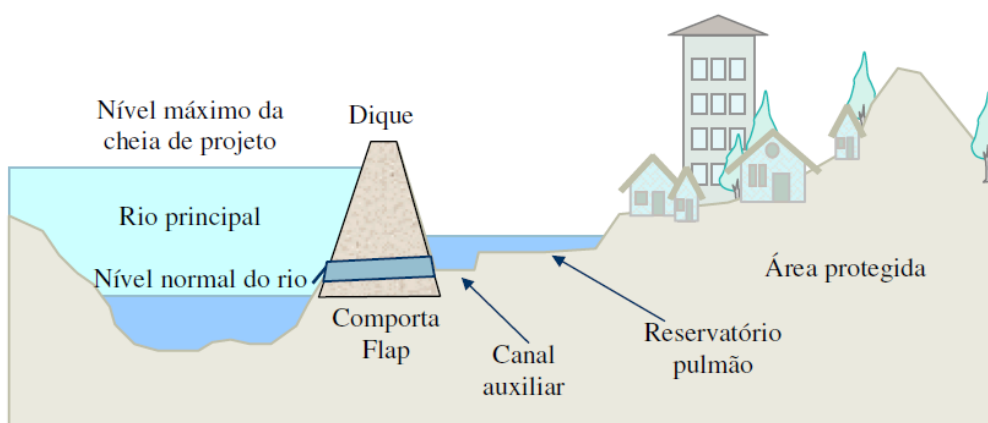


Figura 2: Esquema de funcionamento de um polder (Carneiro & Miguez, 2011).

Em alguns casos, há, ainda, a necessidade de adotar um reservatório pulmão dentro da área do polder, com um determinado volume acima das elevações naturais do terreno, com o objetivo de reter parte do escoamento durante a passagem das cheias. Essas áreas são, então, drenadas por um canal que também se comunica com o rio através de comportas do tipo FLAP. Os reservatórios de armazenamento reduzem as vazões de pico dos hidrogramas das cheias, aumentando o seu tempo de base. Geralmente, eles não reduzem o volume do escoamento direto, apenas redistribuem as vazões ao longo de um tempo maior, usando um volume útil temporário. Na Figura 3 é apresentado um desenho esquemático de um polder com reservatório pulmão.

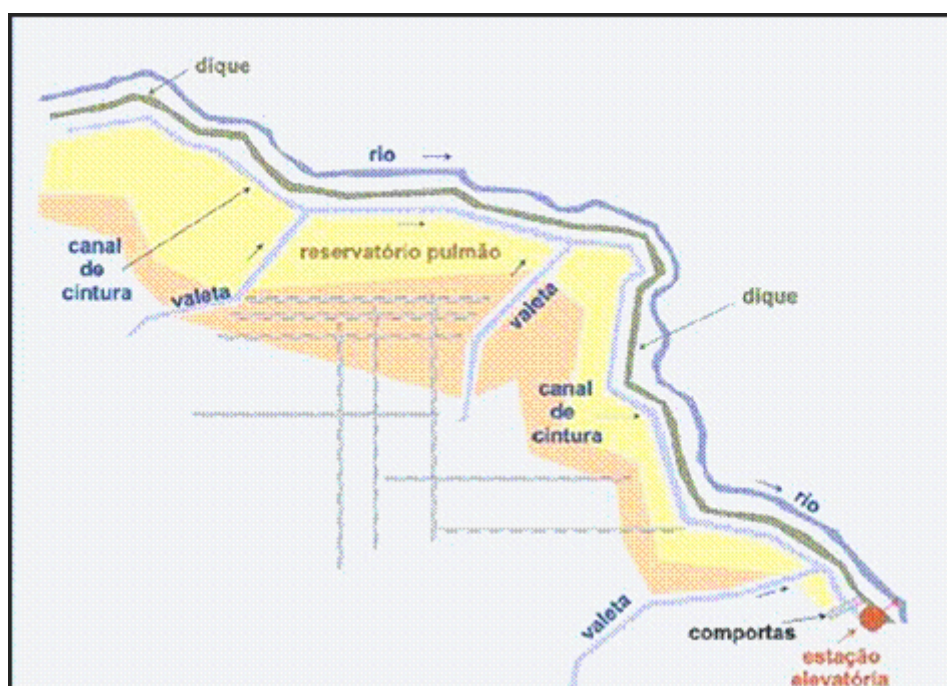


Figura 3: Planta esquemática de um polder com reservatório pulmão (Semads, 2001).

Mais recentemente, no ano de 2007, para atender uma demanda da Prefeitura de Duque de Caxias, que tinha como interesse a implantação do Programa de Saneamento Ambiental e Desenvolvimento Econômico e Social do Município de Duque de Caxias (PROSADUQUE), o estudo realizado para Vila Fraternidade no Plano Diretor de Recursos Hídricos foi revisado, atualizado e aperfeiçoado pela Fundação Dom Cintra (2007), que sugeriu algumas alterações na proposta original, compatibilizando as soluções de drenagem com o projeto de urbanização para a região. Neste caso, foi previsto nível máximo de 1,45m dentro da área do polder.

Nesta mesma época, um projeto básico para a mesma região estava sendo desenvolvido no contexto do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC, 2011), pela equipe da COPPE/UFRJ. A nova solução para os

problemas de inundação em Vila Fraternidade foi novamente revisada, de modo a corresponder com aquelas desenvolvidas para atender ao PAC. Os novos comentários e sugestões foram incorporados no projeto e a implementação do Pôlder Gomes Freire foi decidida como sendo a solução final de projeto.

O projeto final adotado para Vila Fraternidade, com a implementação do Pôlder Gomes Freire, consistiu nas premissas listadas a seguir e ilustradas pela Figura 4.

- Recuperação do dique existente na margem esquerda do Rio Sarapuí, com uma elevação de 2,20m.
- Implementação de um reservatório pulmão e um canal auxiliar para conectá-lo ao canal Gomes Freire.
- Instalação de comportas tipo FLAP no reservatório pulmão e na conexão entre o Canal Gomes Freire e o rio Sarapuí.
- Implementação de uma área de recreação inundável, próxima ao Canal Gomes Freire, com elevação intermediária, funcionando como um reservatório de retenção alternativo, quando necessário.

Considerando todas essas observações, é esperado que o nível máximo dentro do polder seja menor que 1,45m.

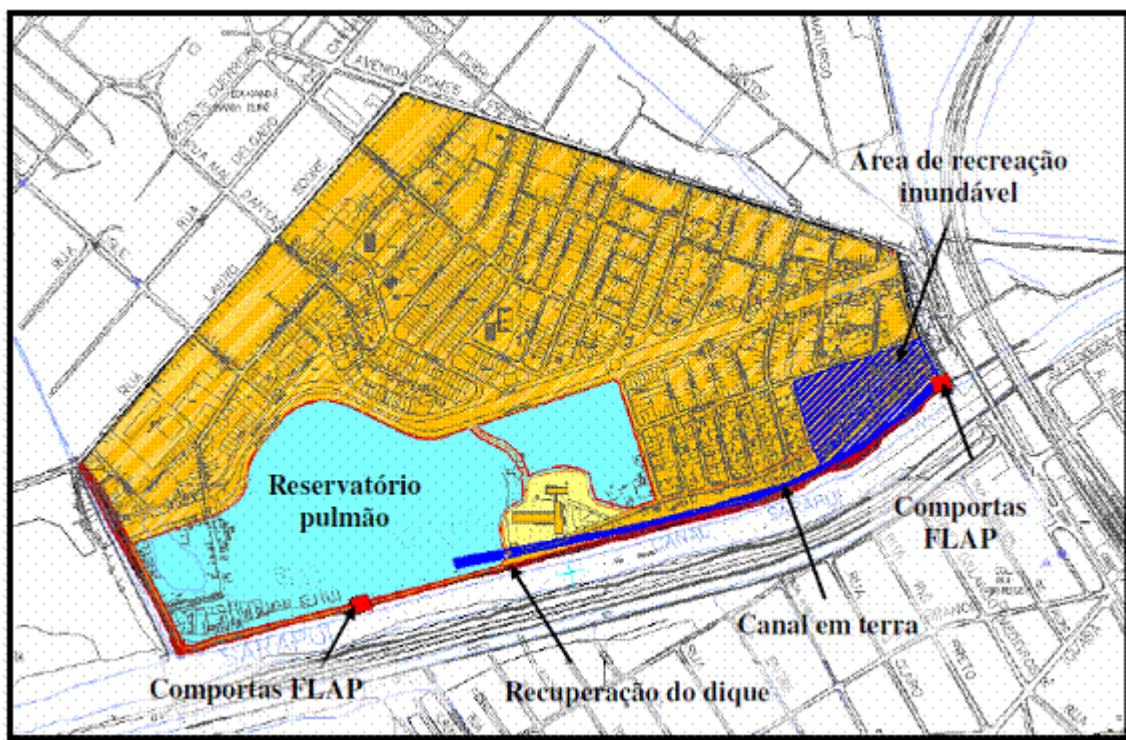


Figura 4: Projeto esquemático de macrodrenagem (Fundação Dom Cintra, 2007).

As soluções de drenagem para Vila Fraternidade devem estar integradas com as soluções urbanísticas. Em caso de instalação de um pôlder, o reservatório-pulmão, alagável em eventos de cheia, pode ser concebido como paisagem multifuncional e agregar funções de lazer, que criem condições para a sua preservação e não invasão futura pela população local.

METODOLOGIA

No contexto da proposta ora apresentada, considera-se essencial reproduzir a situação da drenagem urbana e do escoamento de cheias em Vila Fraternidade e integrar essa modelação com as soluções propostas para a região. Para tanto, utilizou-se o Modelo de Células – MODCEL (Miguez, 2001), um modelo computacional hidrodinâmico que permite uma representação adequada tanto dos escoamentos que se concentram na calha fluvial, quanto daqueles que ocorrem por sobre as planícies de inundação em áreas urbanizadas. Este modelo é capaz de representar as diversas interações da bacia em estudo, sendo possível, ainda, simular intervenções futuras na região.

É possível, então, enumerar as seguintes etapas como aquelas que foram seguidas para avaliação da eficiência das intervenções propostas, em termos de redução dos problemas causados pelas enchentes em Vila Fraternidade:

- (1) Diagnóstico do sistema de drenagem existente, usando o MODCEL.
- (2) Mapeamento das áreas críticas, em termos de enchentes.
- (3) Simulação da proposta final elaborada pelas equipes da Fundação Dom Cintra (2007) e da COPPE/UFRJ, com o MODCEL.
- (4) Verificação dos resultados dos cenários simulados (atual e modificado).

Com os resultados da modelação para ambos os cenários simulados, será possível avaliá-los, comparativamente, verificando o efeito obtido com as estruturas propostas.

O tempo de recorrência adotado para o cálculo da chuva de projeto foi de 20 anos e a duração da chuva coincide com o tempo crítico para a bacia do rio Sarapuí. A chuva de projeto foi obtida com o uso do sistema hidrológico Hidro-Flu, desenvolvido por Magalhães *et al.* (2005).

Consideraram-se como condições de contorno as interações entre o rio Sarapuí e os principais cursos d'água da bacia como, por exemplo, os rios Iguaçú e Jacatirão.

A formulação do modelo utilizado passou por uma série de etapas, essenciais para a boa caracterização da região em estudo. Primeiramente, dividiu-se a região em células a partir da topografia local, que particularizou e apontou caminhos para esta divisão e, em seguida, identificaram-se todos os possíveis tipos de escoamentos. Entre eles, pode-se citar o escoamento em superfície livre em rios, canais e ruas, escoamento em galerias que, por falha no sistema, podem vir a afogar, escoamentos sobre vertedouros, quando rios extravasam, e a identificação das áreas de armazenagem que funcionam como reservatórios temporários. O arranjo entre as células levou à confecção de uma topologia para a região de modo a alimentar o modelo. Por fim, foram elaborados os arquivos de entrada do modelo, contendo todas as informações da região modelada na situação atual, para, a seguir, realizar simulações de cenários alternativos futuros. A Figura 5 apresenta a área em estudo dividida em 69 células de escoamento.



Figura 5: Vila Fraternidade dividida em células de escoamento

RESULTADOS

A análise dos resultados simulados para a situação atual mostra que toda a região sofre com os efeitos das enchentes, com um nível d'água médio de 0,39 m e máximo de 0,80 m, o que leva à necessidade de formular

intervenções que reduzam a enchente nas áreas urbanizadas, concentrando a água num lugar apropriado. A Figura 6 apresenta a mancha de inundação, com os máximos de alagamento para este cenário.

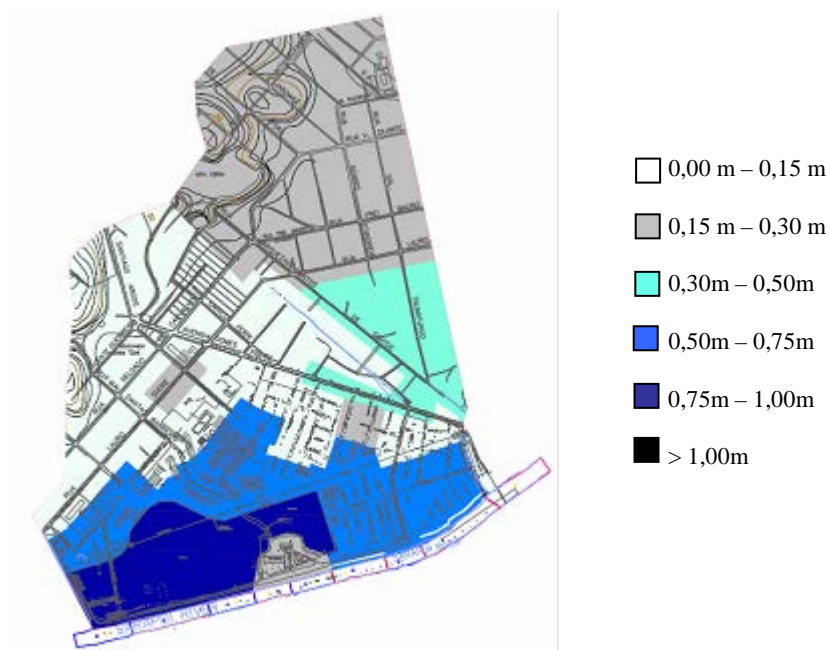


Figura 6: Mancha de inundação para o cenário de drenagem urbana atual em Vila Fraternidade.

Para administrar melhor o problema das cheias, minimizando-a ao máximo possível, foi modelado um novo cenário, com base nas sugestões do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí, revisadas e atualizadas, posteriormente, pela Fundação Dom Cintra, que sugere cota máxima de alagamento de 1,45 m. Foram incorporados, também, os comentários realizados pela equipe da COPPE/UFRJ, quando propuseram alterações que poderiam diminuir ainda mais a cota máxima de 1,45m prevista. O resultado desta modelação está apresentado, em forma de mapa de inundação, na Figura 7.

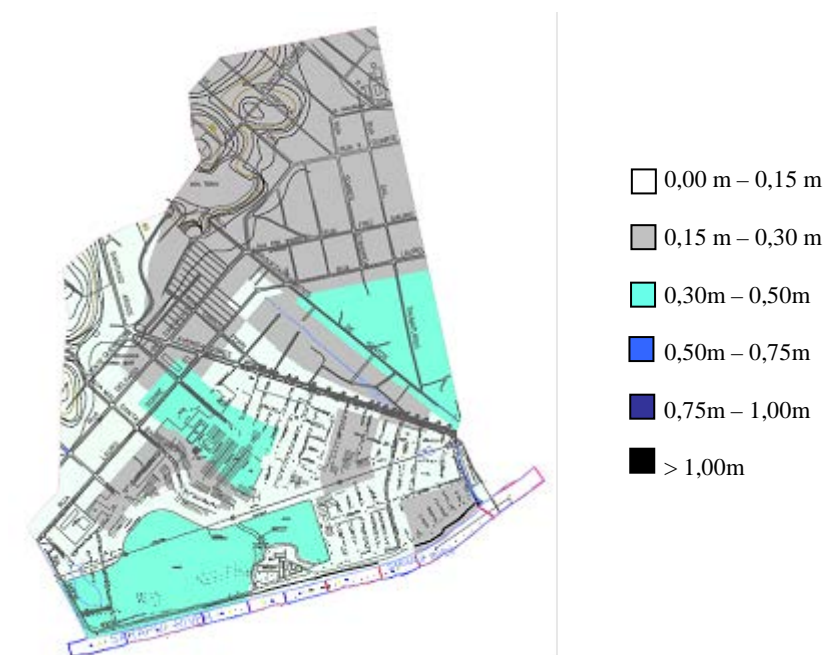


Figura 7. Mancha de inundação para o cenário modificado em Vila Fraternidade

Considerando o cenário em que o pôlder é instalado, Vila Fraternidade apresenta uma situação de alagamento mais controlada, o que possibilita uma revitalização urbana nesta área. Os níveis d'água máximos obtidos

dentro da área de armazenamento estão em torno de 1,35m, menos do que 1,45m, como estabelecido pela Fundação Dom Cintra. Este era um resultado já esperado, tendo em vista que foram consideradas, nesta simulação, as melhorias propostas pela equipe da COPPE/UFRJ após a apresentação do projeto final pela Fundação Dom Cintra. Dentre essas melhorias, que contribuíram para diminuir ainda mais o nível d'água máximo dentro do polder, destacam-se: instalação de comportas tipo FLAP também no reservatório pulmão; escavar canal auxiliar em terra para a ligação do reservatório pulmão ao canal Gomes Freire, com caminhamento margeando o talude do dique; submissão da área de lazer próxima ao canal Gomes Freire à inundação, com cota de arrasamento intermediária entre a área do reservatório pulmão e a cota de urbanização; manter os canais Gaspar Ventura e Gomes Freire em terra.

Em algumas áreas, foi possível perceber a redução do pico da cheia em 0,70m. De uma forma geral, pela proteção da área com o dique que impede a entrada do Rio Sarapuí, os alagamentos se reduzem. É importante ressaltar que algumas áreas tiveram o nível do terreno elevado, para atender às restrições impostas pela nova urbanização planejada. A elevação do terreno em torno do reservatório pulmão reduziu as declividades naturais de escoamento, gerando a possibilidade de algumas retenções superficiais. Nessa nova situação, deve-se prever a instalação de redes de micro-drenagem, que não foram simuladas no modelo aqui apresentado. Essa situação gerou alguns alagamentos locais, de pequenas proporções e que antes não eram vistos, onde a micro-drenagem passa a ser uma demanda importante.

A Figura 8 apresenta informações de níveis d'água para o reservatório-pulmão e para a área de recreação inundável, localizada próxima ao canal Gomes Freire, para a situação de projeto. Dentro da área de recreação inundável, o nível d'água máximo foi de 0,15m. É perceptível, também, que esta área passa a funcionar como um reservatório de detenção apenas após 10h do início do evento e permanece alagada por 16h. Dentro do reservatório, o nível d'água máximo foi de 0,44m. Esses resultados provam que as áreas de reservatório propostas no projeto são realmente necessárias para acumular água.

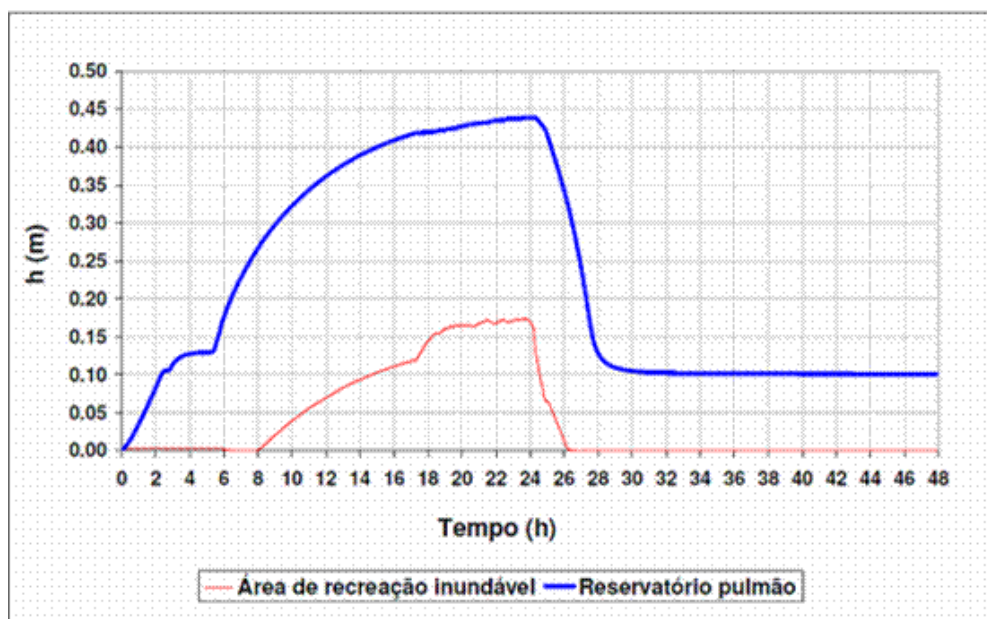


Figura 8. Nível d'água na área de recreação inundável e no reservatório pulmão.

CONCLUSÕES

O controle de cheias urbanas é uma questão que está longe de ser resolvida facilmente. Os conceitos, as propostas e os resultados aqui apresentados têm como objetivo contribuir para a minimização dos impactos causados pelas enchentes em Vila Fraternidade, propondo alternativas que se enquadrem na situação atual.

Foi visto, neste trabalho, que é possível intervir em áreas com pouca infra-estrutura, como é o caso de Vila Fraternidade, implantando soluções para minimizar o problema das enchentes associadas a ações de urbanização.

Nas simulações aqui propostas, observou-se que o restabelecimento de um pôlder no local, com a implantação de um sistema composto por reservatório, comportas tipo FLAP e dique, proporcionou um controle adequado das inundações. Com isso, os efeitos negativos das enchentes foram amenizados, evitando que a população residente sofresse com as constantes cheias locais.

Verificou-se, ainda, que o acréscimo da área de recreação como área alagável, para a chuva de projeto, e uma configuração de paisagem multifuncional, auxilia no funcionamento do projeto e ajuda a reduzir as lâminas máximas de alagamento.

As medidas propostas neste trabalho tiveram resultados satisfatórios. Entretanto, a discussão do problema em um contexto integrado de saneamento ambiental e urbanização sustentável precisa ser desenvolvida, para que as soluções não sejam apenas paliativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas. São Paulo: Annablume. v. 1. 330 p, 2011.
2. FUNDAÇÃO DOM CINTRA Projeto de Urbanização Integrada de Vila Fraternidade – PROVILA. 2º Relatório de Serviços. Petrópolis, RJ, 2007.
3. MAGALHÃES, L.P.C., MAGALHÃES, P.C., MASCARENHAS, F.C., MIGUEZ, M.G., COLONESE, B.L., BASTOS, E.T. Sistema HIDRO-FLU para apoio a projetos de drenagem. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, 2005.
4. MIGUEZ, M. G. Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.
5. PAC – Programa de Aceleração do Crescimento. Disponível em: <www.brasil.gov.br/pac>. Acesso em 10 de Janeiro de 2011.
6. SEMADS. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral. Projeto Planágua SEMADS/GTZ, v. 8, Rio de Janeiro, RJ, 2001.
7. SERLA-COPPE/UFRJ. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí. Ênfase: Controle de Inundações. Pré-dimensionamento das Estruturas Hidráulicas dos Pôlderes. SERLA. Rio de Janeiro, RJ, 1996.