

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO URBANO

Carla Voltarelli Franco da Silva^{1}; Monica Ferreira do Amaral Porto²;
Arisvaldo Vieira Mélo Júnior³*

Resumo – A regulamentação do uso do solo aliada à identificação das áreas mais suscetíveis aos impactos ocasionados pelas inundações tem sido apontada como importante estratégia para o desenvolvimento de políticas urbanas municipais. Este trabalho apresenta uma metodologia de mapeamento das inundáveis, fundamentada em análise hidrológica, para determinar a probabilidade de ocorrência dos eventos, e hidráulica, para a delimitação da mancha de inundação com base na aplicação do PCSWMM, que integra o modelo SWMM a ferramentas avançadas de geoprocessamento. A metodologia foi aplicada no município de Atibaia, que tem sofrido os impactos de recorrentes catástrofes ocasionadas recentemente, mesmo com vazões de baixa magnitude. Como resultados, foram apresentadas análises vazões registradas na região, além do mapa de inundação para um evento crítico, ocorrido em janeiro de 2010.

Palavras-Chave – Análise hidrológica. Manchas de inundação.

FLOOD MAP AS A BASIS FOR URBAN LAND USE PLANNING

Abstract – Land use regulation combined with the identification of areas most susceptible to the impacts caused by floods has been identified as an important strategy for the development of urban municipal policies. This paper presents a methodology for flood mapping, based on hydrologic analysis to determine the probability of occurrence of events, and hydraulics for the delineation of flood extent based on the application of PCSWMM, which integrates SWMM model to advanced tools GIS. The methodology was applied in the city of Atibaia, which has recently suffered the impacts of recurring disasters, even with low flow magnitude. The results include analysis for flows recorded in the region and a flood map for a critical event occurred in January 2010.

Keywords – Hydrologic analysis. Flood maps.

INTRODUÇÃO

As inundações constituem-se de processos naturais relacionados à dinâmica dos corpos d'água, cujos efeitos estão diretamente ligados ao tratamento que a sociedade e o poder público conferem às áreas sujeitas a estes eventos. As instalações nas regiões de várzea sofrem, naturalmente, com maior frequência as consequências da elevação dos níveis d'água. Quando ocorre um longo período sem cheias, a população cria uma sensação de aparente segurança, o que estimula a ocupação das áreas inundáveis que, devido ao fato de serem geralmente ocupadas pela população de baixa renda, apresentam alto grau de vulnerabilidade (BRASIL, 2007).

^{1*} Mestre e Engenheira Ambiental do Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EPUSP; Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915403, E-mail: carla.voltarelli@usp.br

² Professora Doutora do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EPUSP, Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915356, E-mail: mporto@usp.br

³ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EPUSP, Coordenador do Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EPUSP, Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915403, E-mail: arisvaldo@usp.br

A ocupação das várzeas do rio Atibaia, mais intensificada a partir da década de 1990, surge como importante fator de agravamento das consequências das enchentes na região (DAEE, 2011b). Os eventos de chuva ocorridos recentemente provocaram grandes inundações na bacia do rio Atibaia e tendem a ser tornar cada vez mais frequentes à medida que se aumenta a impermeabilização do solo e seus impactos tendem a ser cada vez mais extremos devido à ocupação humana das regiões de várzea. Neste contexto, o mapeamento das áreas de inundação é essencial para a elaboração de planos emergenciais e também para o planejamento do desenvolvimento da região em longo prazo (RABINDRA; SHIGENOBU; TOSHIKAZU, 2008) e consiste em uma importante ferramenta de suporte à tomada de decisão para a regulamentação do uso do solo e licenciamento de atividades como escavações, aterramentos, construções, remoção de vegetação ribeirinha, armazenamento de materiais perigosos, entre outros.

O grau de complexidade e precisão das metodologias para se delimitar áreas sujeitas a inundações pode variar de acordo com a finalidade de cada estudo e relaciona-se também à disponibilidade e consistência das informações necessárias. A escolha dos procedimentos a serem aplicados requer conhecimento sobre a área a ser analisada, definição clara dos objetivos do estudo e conhecimento técnico para aplicação e calibração dos métodos (USACE, 2010). Aplicativos sofisticados de simulação computacional devem ser utilizados somente por técnicos com bons conhecimentos em modelagem hidráulica. Para resultados mais precisos, o processo de mapeamento consiste basicamente em delimitar a área que é coberta por água, com base no cruzamento de informações da superfície do terreno e do nível d'água estipulado para determinado evento (MERWADE et al., 2008). Tucci (2009) elenca os tipos de dados necessários para a elaboração de tais estudos: nivelamento da régua a um zero absoluto, topografia da cidade no mesmo referencial absoluto de régua linimétrica, estudo de probabilidade de inundações de níveis para uma seção na proximidade da cidade, níveis de enchentes, ou marcas ao longo da cidade que permitam a definição da linha de água, seções batimétricas ao longo do rio no perímetro urbano e cadastramento das obstruções ao escoamento ao longo do trecho urbano. Vale ressaltar ainda que, de acordo com avaliação realizada pela Agência Federal de Gestão de Emergências norte-americana (FEMA), o fator mais importante que influencia a precisão do mapa de inundação é a qualidade dos dados da superfície do terreno (NRC, 2009).

Silva (2013) faz uma análise do uso e ocupação do solo urbano com base na metodologia de mapeamento das áreas de inundação, apresentada neste trabalho de forma resumida, resultando na proposição de medidas de intervenção para o planejamento da ocupação urbana em áreas de várzea.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi aplicada na zona urbana do município de Atibaia, localizado na Serra da Mantiqueira, a 67 km da capital paulista. A maior parte do município situa-se na bacia do rio Atibaia, o qual atravessa o município imediatamente após sua formação, dada pela confluência dos rios Atibainha e Cachoeira, a jusante de importantes reservatórios que compõem o sistema Cantareira. A Figura 1 ilustra a localização do município.

A metodologia de mapeamento das áreas de inundação segue a lógica sugerida pela FEMA (2009) e é composta por duas etapas: (i) análise hidrológica, para determinar a probabilidade de ocorrência dos eventos e (ii) análise hidráulica, para determinar a extensão da mancha de inundação e os níveis d'água associados a cada evento. Os valores registrados nos eventos críticos ocorridos nos verões 2009/2010 e 2010/2011 foram foco de análise e serviram também como base para a calibração da modelagem hidráulica.

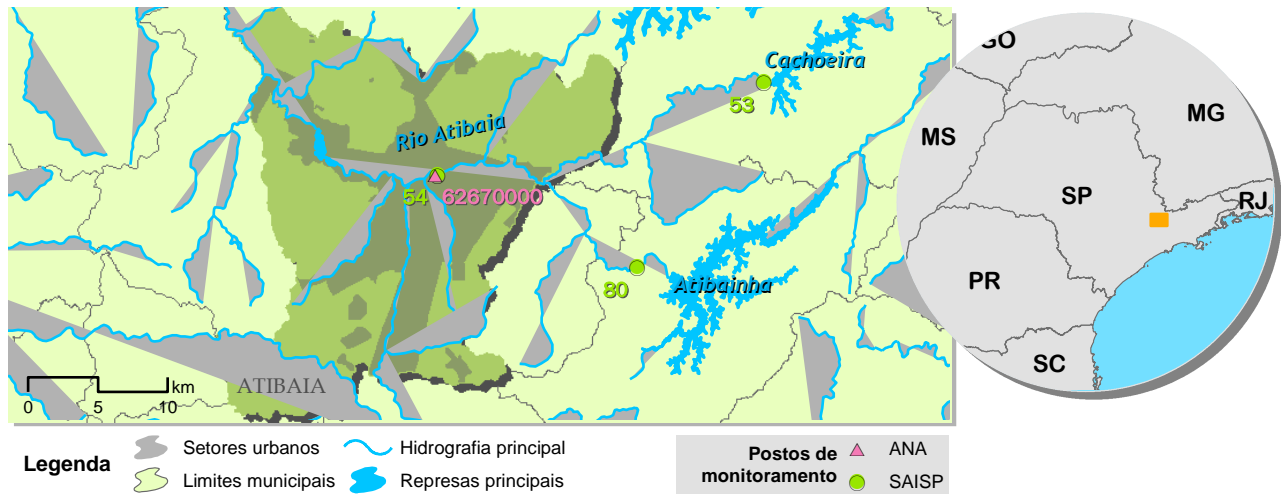


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos postos selecionados

Análise hidrológica

A fim de se conhecer o comportamento hidrológico da região, foram feitas análises estatísticas das medições de nível para os postos de medição selecionados. Posteriormente, foram comparados à análise estatística os valores medidos para os eventos extremos ocorridos recentemente.

Para caracterizar os períodos de retorno das vazões que atingem a região urbana de Atibaia, foram analisadas informações obtidas a partir da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) para a estação fluviométrica de código 62670000, localizada no rio Atibaia, no município de Atibaia, com período de dados observados de 1936 a 2007 (Figura 1). A manipulação dos registros de vazões diárias se deu através do aplicativo Sistema Computacional para Análises Hidrológicas – SisCAH (2009). Após o descarte dos meses com falhas superiores a 5%, a série de vazões máximas diárias anuais foi ajustada a diferentes funções de distribuição de probabilidades, considerando diferentes períodos de retorno. Ainda, para a classificação dos eventos ocorridos recentemente na região e análise da influência da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira sobre os mesmos eventos, o estudo estatístico envolvendo as séries históricas disponíveis também considerou de forma distinta os períodos anterior e posterior a 1972, data próxima à implantação dos reservatórios. Para cada série histórica, foi escolhida a distribuição que apresentasse menor erro padrão em relação à amostra dos dados observados.

Os dados de nível referentes aos mais recentes eventos de cheia ocorridos no município de Atibaia foram obtidos do banco de dados da Rede Telemétrica de Hidrologia do DAEE, através do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo - SAISP (FCTH, 2011). Foram analisados os dados dos postos 53, 54 e 80, localizados nos rios Cachoeira, Atibaia e Atibainha, respectivamente (Figura 1), permite caracterizar a magnitude de tais eventos logo a jusante dos reservatórios do sistema Cantareira e também na região central do município. A vazão para cada posto foi obtida por meio da respectiva curva-chave (FCTH, 2011).

Análise hidráulica

Como subsídios à modelagem hidráulica, as seções batimétricas do rio Atibaia no trecho correspondente à área urbanizada de Atibaia foram obtidas a partir do levantamento topobatimétrico realizado pela Internave Engenharia no período de 18/4/2011 a 13/5/2011 (DAEE, 2011a). Ao todo, foram levantadas 40 seções ao longo do rio Atibaia entre a confluência dos rios Atibainha e Cachoeira e a represa da Usina, sendo que a modelagem hidráulica limitou-se a este trecho, que

compreende 23,6 km de extensão. Este levantamento serviu de base para o estudo dos Rios Atibaia e Jaguari – Estudos Hidrológicos e Hidráulicos, Zoneamento de Áreas Inundáveis e Medidas de Combate à Inundação (DAEE, 2011b).

Para a modelagem hidráulica do rio Atibaia foi utilizado o aplicativo PCSWMM, que consiste em uma interface que integra a aplicação do modelo SWMM (USEPA, *US Environmental Protection Agency*) a ferramentas avançadas de geoprocessamento. Esse modelo é uma das ferramentas computacionais recomendadas e aceitas pela FEMA para o mapeamento de áreas de inundação como insumo ao Programa Nacional de Seguro Contra Inundações (FEMA, 2010). Dentro das potencialidades do modelo de transporte hidráulico foi adotado o nível de sofisticação mais simples: fluxo em regime uniforme. O modelo de fluxo em regime uniforme considera que, em cada intervalo de tempo, o escoamento é uniforme e permanente, sendo que o hidrograma de entrada no nó de montante é transferido para o nó de jusante, sem atraso ou mudança (ROSSMAN, 2008). Para cada trecho de conduto, devem ser introduzidos no modelo parâmetros como os valores do coeficiente de Manning, do canal principal e das margens, as cotas mínimas (fundo do canal) e máximas (superfície do terreno) das seções localizadas nos nós a montante e a jusante, o comprimento do trecho e o perfil da seção transversal, obtido dos levantamentos topobatimétricos. Ainda, no nó mais a montante da rede de modelagem, são inseridas as vazões desejadas obtidas dos estudos de séries históricas de vazões. Para estabelecer a relação entre a vazão, a área e a profundidade da seção, o SWMM emprega a equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{S} \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão que escoar pelo conduto (m³/s); n = coeficiente de rugosidade de Manning;
 A = área da seção transversal (m²); S = declividade do conduto (m/m).
 R_h = raio hidráulico (m);

A altura de superfície da água obtida é então utilizada para a definição dos limites da área de inundação que correspondem aos contornos do modelo digital de terreno. Este cruzamento é realizado no próprio aplicativo PCSWMM, no qual são inseridas as informações do terreno que será interceptado pelo plano gerado pelas alturas do nível d'água obtidas no modelo.

Para a construção do Modelo Digital de Terreno (MDT) que melhor se adaptasse à topografia do município no caso da delimitação de áreas inundáveis, foram analisados os dados de sensoriamento remoto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), adquiridos em dois diferentes níveis de processamento, realizados pela Embrapa e pela iniciativa TOPODATA, e os dados ASTER GDEM (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*), além das curvas de nível disponibilizadas pelo IBGE. Os modelos obtidos para cada conjunto de dados foram comparados aos recentes levantamentos realizados por DAEE (2011a). Ao longo de cada seção topobatimétrica, foram calculadas as cotas mínima, média e máxima, obtidas através da interpolação dos MDTs gerados a partir das diferentes fontes de informação, o que permitiu a comparação entre os diferentes modelos. Ainda, para o detalhamento da calha do rio Atibaia, as informações podem ser complementadas com os resultados do levantamento topobatimétrico, apresentado anteriormente. Merwade; Cook e Coonrod (2008) desenvolveram uma ferramenta que possibilita a interpolação das seções levantadas ao longo do traçado da hidrografia, para a construção do MDT na calha do rio.

Em complemento ao estudo e para a aferição dos resultados obtidos, foram realizadas visitas a campo para que fossem coletados os pontos relativos aos extremos da mancha de inundação do

evento ocorrido na cidade em janeiro de 2010, caracterizado por uma vazão de pico de 64,48 m³/s (FCTH, 2011). As visitas foram acompanhadas por técnicos da Defesa Civil do município e do DAEE. Além destes, foram também obtidos os pontos aferidos na cheia durante todo o período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010 (DAEE, 2010). Com o conjunto destas informações, criou-se uma malha de pontos que proporcionou uma visão do evento e as linhas limite de inundação, nas margens direita e esquerda do rio Atibaia que delimitam a área ocupada pelas águas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise hidrológica

A análise hidrológica das vazões máximas ocorridas no rio Atibaia, a partir da base de dados da ANA, resultou em diferentes distribuições para os diferentes períodos analisados. A partir destes resultados, é interessante observar uma provável mudança no regime hidrológico, possivelmente influenciada pela implementação das barragens do Sistema Cantareira. Tal alteração pode ser considerada benéfica do ponto de vista de controle de cheias, uma vez que é razoável afirmar que os reservatórios causam efeito de amortecimento nas vazões de pico a jusante dos mesmos.

Os níveis observados entre 2009 e 2011 no posto 54 estão apresentados na Figura 2, que apresenta também o nível de referência para o início do extravasamento nesta seção de controle, correspondente a 3,0 metros, de acordo com o SAISP. Uma análise de alguns níveis observados neste posto e suas vazões correspondentes permite relacionar as vazões aos períodos de retorno calculados para a mesma seção, com base nos dados da ANA. Esta relação também está apresentada na Figura 2.

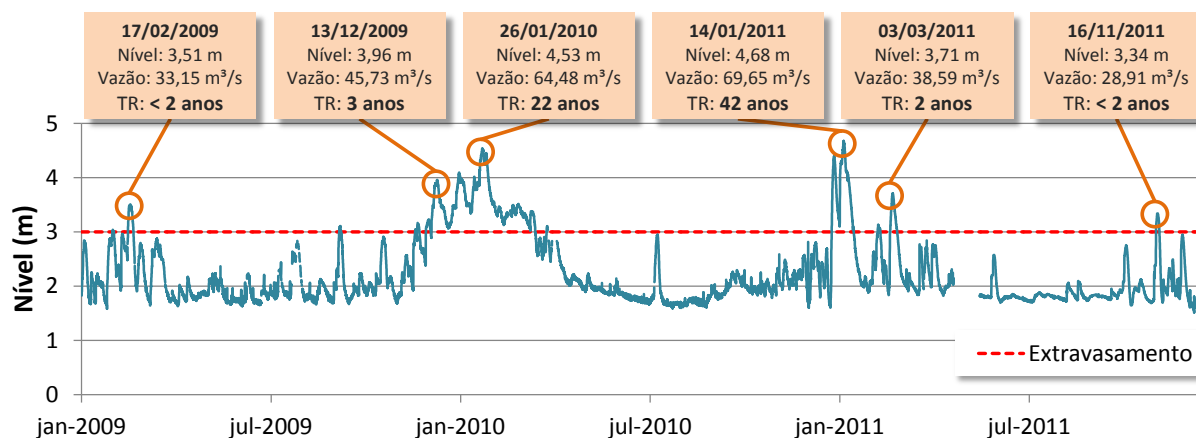


Figura 2 – Níveis observados em 2009, 2010 e 2011 no posto 54 e períodos de retorno associados.

A partir de uma relação entre as vazões de pico destacadas e os períodos de retorno calculados para o mesmo trecho do rio Atibaia, é possível afirmar que mesmo com vazões de magnitude não tão elevada, ou seja, de alta recorrência, já se tem graves problemas relacionados a inundações. O nível mínimo de extravasamento na seção de controle corresponde a uma vazão de 22,44 m³/s, que está relacionada a um período de retorno inferior a 2 anos. Sendo assim, é natural que o nível de extravasamento da calha do rio Atibaia nesta seção seja frequentemente superado. Em dezembro de 2009, por exemplo, a vazão máxima ocorrida na área urbana de Atibaia foi de 45,73 m³/s, o que corresponde a cerca de 3 anos de período de retorno. Tal evento já implicou na elevação de quase 1 metro acima do nível de extravasamento das margens do rio Atibaia na região e marcou o início de um período de graves impactos relacionados às inundações. O maior pico registrado naquele verão ocorreu ao final de janeiro de 2010, quando a vazão na seção do rio Atibaia alcançou 64,48 m³/s, equivalente a um evento com probabilidade de recorrência de 22 anos. Mesmo com a diminuição

das chuvas e um perfil de vazões descendente, é possível observar a demora na assimilação destas vazões de pico, fato que manteve os níveis d'água em estado crítico ainda durante todo o mês de fevereiro e parte do mês de março de 2010, sendo que, entre 1º de dezembro de 2009 e 31 de março de 2010, o nível do rio Atibaia se manteve acima do nível de extravasamento em 88% do tempo.

O diagnóstico das recentes inundações ocorridas no município de Atibaia demonstra a suscetibilidade da região a vazões de baixa magnitude. Isso ocorre apesar do sistema de operação dos reservatórios, que causa efeito de amortecimento e minimiza os impactos causados pelas chuvas. A contribuição das vazões nos postos a jusante dos reservatórios Cachoeira e Atibainha, integrantes do sistema Cantareira foi comparada aos volumes afluentes na seção de controle do rio Atibaia no município de Atibaia. As diferenças entre a soma das vazões dos afluentes à vazão do próprio rio Atibaia em janeiro de 2011 superaram 63 m³/s, o que demonstra que a descarga dos reservatórios é muito pequena em relação à vazão total que passa no rio Atibaia, sendo a contribuição da bacia, a jusante dos reservatórios do sistema Cantareira, a principal responsável pelos grandes volumes de água que atingiram a região de Atibaia nesta época. A conclusão da análise dos eventos de cheia entre 2009 e 2011 realizada por DAEE (2011b) também remete ao fato de tais eventos não serem totalmente dependentes das vazões descarregadas a partir dos reservatórios Atibainha e Cachoeira, sendo que “a própria bacia que abrange a área urbanizada de Atibaia tem capacidade de gerar eventos significativos de cheia com inundação da várzea”.

Análise hidráulica

Através da análise da variação das cotas estimadas ao longo de cada seção, obtidas através da interpolação dos MDTs gerados a partir dos dados da Embrapa, TOPODATA, ASTER GDEM e curvas de nível, observou-se que as diferentes metodologias de obtenção de dados do terreno apresentam resultados bastante discrepantes. As cotas médias são, em geral, superiores às cotas do levantamento topobatimétrico, sendo que as curvas de nível representam a metodologia que mais se aproxima dos dados levantados, com exceção do trecho mais a montante. Em relação aos dados obtidos por sensoriamento remoto, a hipótese de que a melhor resolução dos dados ASTER GDEM em comparação aos dados SRTM refletiria uma melhor precisão nos resultados se confirma. Do mesmo modo, os dados processados pela Embrapa apresentam precisão inferior ao refinamento realizado pelo projeto TOPODATA. As grandes diferenças entre as cotas dos levantamentos topobatimétricos e dos dados obtidos por sensoriamento remoto sugerem a interferência da cobertura vegetal no processamento das altitudes, diferentemente das curvas de nível, que representam a altura do terreno de modo mais adequado. Este resultado já era esperado, pois, no caso do sensoriamento remoto, são consideradas as alturas captadas pelo sensor em pontos que são interpolados para que seja gerada uma superfície que representa uma aproximação do terreno natural, no caso, o Modelo Digital de Elevação e, principalmente nas áreas de margens, as quais geralmente são ocupadas por mata ciliar com vegetação alta, as imagens passam a apresentar pontos com grandes desníveis em relação ao solo. Assim, estes pontos são retratados como regiões altas, e, quando traçadas as seções no processamento, podem aparecer como ilhas. Valeriano (2008) afirma que a sensibilidade a estes efeitos pode afetar ocasionalmente o aproveitamento dos dados, sendo que “estes erros representam um prejuízo incontornável da confiabilidade dos resultados”. Ainda que as curvas de nível se apresentem como melhor opção, o detalhamento na calha do rio é bastante limitado e pôde ser aperfeiçoado através da ferramenta desenvolvida por Merwade; Cook e Coonrod (2008). A aplicação desta ferramenta limitou-se ao contorno das margens do rio, sem levar em conta os levantamentos realizados nas áreas de várzea. O MDT adotado, então, foi obtido a partir das curvas de nível e dos levantamentos topobatimétricos no canal.

Os dados de entrada do modelo hidráulico foram obtidos dos levantamentos topobatimétricos, com exceção dos valores para o coeficiente de Manning, que foram estimados na etapa de calibração da modelagem. O principal parâmetro considerado para a calibração foi a altura da lâmina d'água na seção onde se encontra instalado o posto 54 do SAISP. A comparação entre a curva-chave do posto telemétrico e a curva-chave final obtida a partir da calibração dos coeficientes de Manning no PCSWMM se demonstrou bastante satisfatória, com coeficiente de correlação igual a 1,00. Para se alcançar esta calibração na seção de controle mencionada, os coeficientes de Manning adotados foram 0,01 e 0,40, na seção principal e nas margens do rio, respectivamente.

Para a validação da calibração, a mancha gerada com a máxima vazão observada em janeiro de 2010 (64,48 m³/s) foi comparada aos pontos coletados em campo, que correspondem a locais inundados na cheia mencionada. A mancha de inundação determinada para a vazão referente ao evento de janeiro de 2010 está apresentada na Figura 3, onde também estão representados os pontos aferidos em campo para o evento e os pontos compilados por DAEE (2010) para eventos ocorridos de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010. Através da análise da Figura 3, observa-se que, além de a modelagem hidráulica apresentar um comportamento bastante preciso em relação à curva-chave na seção de controle, a delimitação da mancha de inundação também se apresentou bastante satisfatória. No entanto, é possível observar a falta de aderência a alguns pontos observados; por exemplo, no trecho mais a montante, onde alguns pontos destacados não foram abrangidos na mancha estimada para o evento. Ainda a montante da região mais central de Atibaia, a situação se inverte e é possível observar que a mancha de inundação extrapola as localidades aferidas em campo. Esta imprecisão na mancha se deve especialmente à qualidade do MDT e, ainda que não comprometa os resultados de uma análise mais geral, sugere que um levantamento mais detalhado seja realizado na região, caso resultados mais refinados sejam almejados.

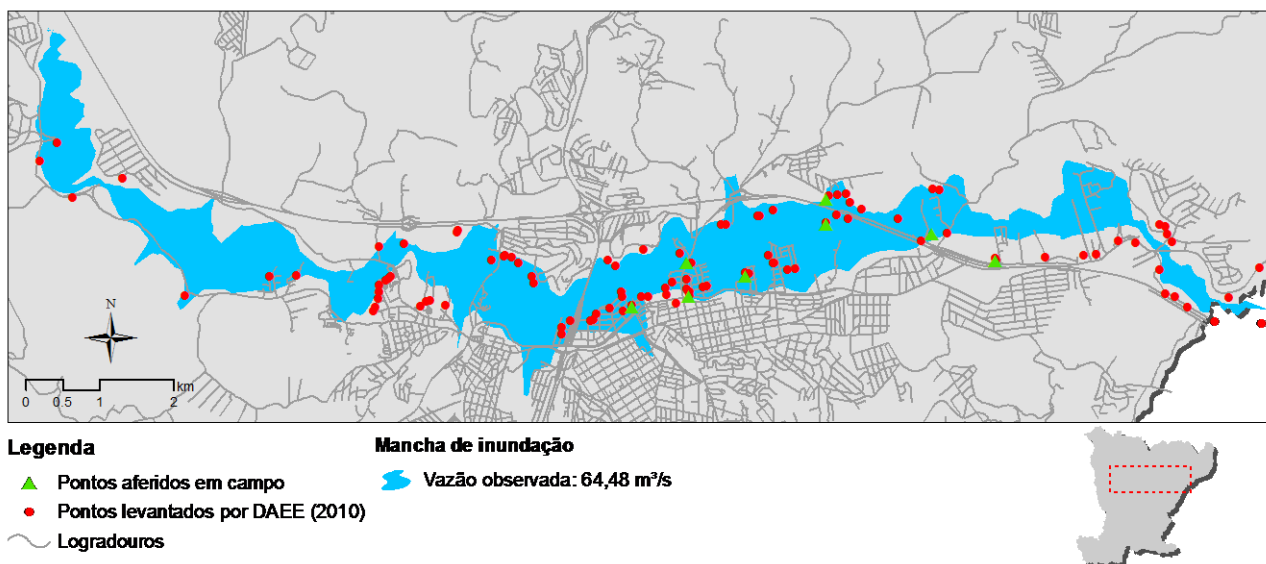


Figura 3 – Mancha de inundação e localização de pontos inundados observados na cidade de Atibaia para uma vazão de pico 64,48 m³/s.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma proposta de mapeamento de áreas de risco baseada no extravasamento das águas do rio Atibaia na principal área inundada do município de Atibaia.

As cartas topográficas representaram com melhor fidedignidade o terreno fornecendo melhores informações para o modelo hidráulico. As atividades antrópicas afetam necessariamente a

paisagem e a dinâmica da bacia hidrográfica, o que motiva a constante atualização deste processo. Nestes casos dados obtidos por sensoriamento remoto podem ser bastante úteis, consideradas suas limitações, à medida que são produzidos em larga escala e estão comumente disponíveis de forma gratuita. Neste caso, os dados ASTER GDEM possibilitam resultados mais precisos em relação aos dados SRTM.

A simulação computacional desenvolvida no modelo PCSWMM explorou apenas parte dos recursos disponíveis no programa e permitiu elevado grau de satisfação da calibração dos dados simulados em relação àqueles observados em campo. A versão do aplicativo utilizada, no entanto, ainda que disponha de avançadas ferramentas de geoprocessamento, não permite a visualização em planta dos níveis das lâminas d'água estimadas, o que limita as análises decorrentes desta etapa.

A metodologia apresentada pode ser aplicada a outras áreas urbanas com inundações ribeirinhas. O estudo de regiões que sofrem com inundações ocasionadas devido à urbanização demanda uma sofisticação adicional à etapa de mapeamento das áreas inundáveis, à medida que são sistemas mais complexos, o que exigirá informações mais detalhadas.

Incorporando a metodologia de mapeamento apresentada, Silva (2013) sugere a revisão de critérios de uso e ocupação do solo de ocupação, com base em um sistema de suporte a decisões. Tais critérios devem compor diretrizes para a formulação de políticas públicas locais, permitindo um melhor convívio da sociedade com as inundações, reduzindo a vulnerabilidade da comunidade local, minimizando as perdas econômicas e os impactos à saúde pública e garantindo maior segurança à população que vive nas proximidades dos corpos d'água.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2007). Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios* / CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.de; OGURA, A.T. (Org.). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). (2010). *Levantamento de pontos de inundação nos rios Jaguari e Atibaia em função das chuvas do período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010 a jusante dos Reservatórios do Sistema Cantareira*. Piracicaba: DAEE, Diretoria da Bacia do Médio Tietê, Centro de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

_____. (2011a). Levantamento Topobatimétrico do trecho do Rio Atibaia inserido no Município de Atibaia, realizado pela Internave Engenharia, durante o período de 18/4/2011 a 13/5/2011.

_____. (2011b). *Rios Atibaia e Jaguari: Estudos hidrológicos e hidráulicos, zoneamento de áreas inundáveis e medidas de combate à inundação*. Escopo complementar para o rio Atibaia. [São Paulo]: Hidrostudio.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA). (2009). *Guidelines and specifications for flood hazard mapping partners*. Appendix C: Guidance for riverine flooding analysis and mapping. Disponível em: <http://www.fema.gov/fhm/dl_cgs.shtm>.

_____. (2010). Numerical Models Meeting the Minimum Requirements of the National Flood Insurance Program. Disponível em: <http://www.fema.gov/plan/prevent/fhm/en_modl.shtm>.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (FCTH). SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo. Disponível em: <<http://www.saisp.br>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

MERWADE V.; COOK A.; COONROD J. (2008) GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling & Software*, v. 23/10-11, p. 1300-1311.

MERWADE, V. M. et al. (2008) Uncertainty in flood inundation mapping – current issues and future directions. *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, v. 13 ,n. 7, p. 608–620.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2009) *Mapping the zone: improving flood map accuracy*. Washington: The National Academies Press. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12573>. Acesso em: 20 Jul. 2011.

RABINDRA, O.; SHIGENOBU, T.; TOSHIKAZU, T. (2008). Flood hazard mapping in developing countries: problems and prospects. *Disaster Prevention and Management*, v. 17, n. 1, p. 104–113.

ROSSMAN, L. A. (2008). Storm Water Management Model, Version 5.0: *User's Manual*. Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.

SILVA, C.V.F. (2013). Planejamento do uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, SP.

SISCAH – Sistema computacional para análises hidrológicas (2009). Versão 1.0. SOUSA, H. T. de. et al. Brasília: ANA; Viçosa: UFV.

TUCCI, C.E.M. (Org.). (2009). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed., 1. reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Coleção ABRH de Recursos Hídricos. 4 v.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). Hydrologic Engineering Center. Disponível em: <<http://www.hec.usace.army.mil>>. Acesso em: 22 Mar. 2010.