

UTILIZAÇÃO DO MODELO CAESAR-LISFLOOD NO MAPEAMENTO DE PERIGO POR INUNDAÇÃO BRUSCA. ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO VENDELINO / RS, BRASIL

Fernando Campo Zambrano y Masato Kobiyama

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA), Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre/RS – Brasil.
E-mail: fernando.zambrano@ufrgs.br, masato.kobiyama@ufrgs.br

Introdução

Os desastres naturais são definidos como um sério distúrbio no funcionamento de uma comunidade, ocasionado impactos econômicos, ambientais e perdas humanas. Segundo o banco de dados do *Emergency Events Database* (EM-DAT) os desastres naturais vêm aumentando consideravelmente, sendo os desastres hidrológicos caracterizados principalmente por inundações os mais representativos em termos de ocorrências, como em impactos humanos em escala global.

Segundo CEPED-UFSC (2013), os tipos de desastres que mais afetam a população no Brasil é a estiagem, com 51,31%, seguido de inundações com 32,07%. No entanto, o desastre que causa o maior número de mortes, são as inundações bruscas.

Embora existam diversas causas no aumento da ocorrência de desastres hidrológicos, como é o caso de alterações climáticas que podem gerar significativos impactos sobre o regime hidrológico, a ocupação de áreas susceptíveis à ocorrência de fenômenos hidrológicos extremos é uma das principais. Isto muitas vezes ocorre pela falta de conhecimento e conscientização do perigo e risco por parte da população, como de um mal planejamento no ordenamento de ocupação territorial por parte das instituições encarregadas.

Assim, o aumento de ferramentas voltadas à prevenção e redução de desastres hidrológicos, como é o mapeamento, leva a um adequado ordenamento territorial que, por conseguinte levará a uma apropriada gestão de desastres. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi elaborar um mapa de perigo de inundações bruscas por meio do uso do modelo CAESAR-Lisflood.

Área de estudo

Como estudo de caso esta metodologia foi realizada na bacia do arroio Forromeco, situada no Estado de Rio Grande do Sul - Brasil, devido ao grande histórico de ocorrência de desastres hidrológicos (Zambrano, 2017). Esta bacia possui área de 288 km² e sua altimetria varia entre 79 – 790 m. Para gerar o mapeamento de perigo de inundações a partir da propagação do escoamento, foi selecionado o trecho do arroio que atravessa a cidade de São Vendelino, devido à existência de um histórico de inundações bruscas que este município tem sofrido. Por exemplo, o evento ocorrido em 28/07/1982, que ocasionou grandes prejuízos na cidade. Este trecho é caracterizado por apresentar uma planície de inundação, relativamente estreita, e também um canal sinuoso. O comprimento do rio é de 3,76 km, largura média de 33 m, e uma profundidade média de 6 m.

Dados hidrológicos utilizados

Para a determinação dos hietogramas de entrada para as simulações hidrológicas no modelo CAESAR-Lisflood (Coulthard et al., 2013) foi utilizado o maior evento registrado que ocorreu em 28/07/1982 e provocou grandes prejuízos na cidade de São Vendelino. Além disso, levou-se em consideração a teoria apresentada por Monteiro e Kobiyama (2014), na qual afirmaram que, quanto mais tardar o pico do hietograma em ocorrer, maior será a vazão de pico. Isso fornecerá, consequentemente, maior abrangência na inundação. Assim, o

presente trabalho utilizou o pico do hietograma 75% da duração total da precipitação.

Dados topográficos utilizados

O dado topográfico utilizado na aplicação da metodologia foi um Modelo Digital do Terreno (MDT) criado a partir de dados disponíveis para o estado de Rio Grande do Sul e dados topográficos levantados em campo (pontos cotados e seções transversais). Isso permitiu representar um MDT com as condições mais precisas, tanto no canal como na planície.

Desta forma, e considerando a largura estreita do trecho de rio selecionado, a resolução final do MDT foi de 5 m.

Modelagem hidrodinâmica

Para simulação dos processos hidrológicos na bacia de estudo, foi aplicado o modelo chuva-vazão TOPMODEL acoplado ao modelo CAESAR-Lisflood. Aqui, nota-se que o TOPMODEL no CAESAR-Lisflood é uma versão bastante simplificada do seu modelo inicial proposto por Beven e Kirkby (1979). Para isto, inicialmente realizou-se a calibração do modelo através da análise estatísticas da comparação de dados observados de vazões, a fim de avaliar os resultados do modelo (Zambrano et al., 2015).

O escoamento gerado nos processos hidrológicos serviu como dados de entrada ou condição de contorno para as simulações hidrodinâmicas. Para propagação do escoamento, CAESAR-Lisflood utiliza o modelo inercial bidimensional LISFLOOD-FP. Assim, a fim de calcular o fluxo Q em todas as direções entre as células, o modelo utiliza uma formulação derivada a partir da equação de momento, na forma unidimensional, das equações de Saint Venant.

$$Q = \frac{q - g \cdot h_t \cdot \Delta t \cdot \frac{\Delta(h+z)}{\Delta x}}{(1 + g \cdot h_t \cdot \Delta t \cdot n^2 \cdot |q| / h_t^{10/3})} \Delta x \quad [1]$$

onde q é o fluxo entre as células na iteração anterior; g é a aceleração gravitacional; n é o coeficiente de rugosidade de Manning; h é a profundidade da água; z é a elevação; h_t é a profundidade máxima de fluxo entre as células; Δx é a largura da célula; e Δt é o tempo. Esta formulação é então aplicada nas duas direções horizontais a fim de simular o escoamento em duas dimensões sobre o *raster*.

Uma vez calculados os fluxos nas quatro direções da célula, estima-se a profundidade da água h , a partir da discretização da equação de conservação de massa.

$$\frac{\Delta h^{i,j}}{\Delta t} = \frac{Q_x^{i-1,j} - Q_x^{i,j} + Q_y^{i,j-1} - Q_y^{i,j}}{\Delta x^2} \quad [2]$$

onde i e j são as coordenadas da célula; e Δt é o intervalo de tempo adequado para o modelo, que é controlado pela condição de Courant Freidrichs Lewy, para garantir uma simulação estável para a maioria das situações de fluxo, assegurando assim maior estabilidade numérica do modelo.

Deste modo, e a partir dos resultados que o modelo hidrodinâmico fornece, foi criado o mapa de inundação que está

relacionado a um tempo de retorno (TR). Assim, conseqüentemente progrediu-se de um mapa de inundação para um mapa de perigo de inundação.

Mapeamento de perigo de inundação

Para a criação do mapeamento de perigo de inundação foi necessário quantificar ou definir o nível de perigo. PREVENE (2001) propôs uma caracterização a fim de definir os diferentes níveis de perigo que variam com o período de retorno. Desta forma, o mapa de perigo está em função da frequência da inundação em termos do período de retorno, e em função da intensidade através do índice de perigo. Para a definição do índice de perigo, Stephenson (2002) desenvolveu diferentes tipos de perigo ligado diretamente ao seu potencial destrutivo. Este índice permite calcular o tipo de perigo em função da profundidade e a velocidade da água.

$$IP = h \cdot v \quad [3]$$

onde h é a profundidade da água (m); e v é a velocidade do escoamento em ($m \cdot s^{-1}$).

Resultados e discussões

Na determinação dos hidrogramas a partir das simulações hidrológicas, foram utilizados como dados de entradas os eventos de chuva associados aos 5 diferentes tempos de retorno: 5, 22, 50, 100, e 200 anos, considerando como tempo base o evento extremo que causou a maior inundação registrada no município.

Os resultados das simulações hidrodinâmicas foram comparados em termos de área inundada, profundidade e velocidade do escoamento. As áreas inundadas aumentam com o aumento do TR apresentando uma boa correlação de $R^2 = 0,958$. Este resultado já era esperado considerando as diferenças entre as vazões de pico.

Observa-se que a distribuição de profundidade para os diferentes valores de TR é similar. A medida que a profundidade aumenta a sua frequência diminui. No entanto, a distribuição de frequências de velocidades teve o mesmo comportamento para os TR de 5, 22, e 50 anos. Quanto maior a velocidade, menor é sua frequência. Nos TRs de 100 e 200 anos, o comportamento de distribuição de frequências teve uma variação em relação aos outros apresentando as maiores frequências para as velocidades de 1 e 2 m/s.

Determinação do índice de perigo de inundação

Na determinação do índice de perigo foram utilizados os mapas de inundação associados a diferentes TR em função da profundidade e velocidade da água. O cálculo foi realizado para a maior área inundada e definidos como IP_1 para perigo baixo, IP_2 para perigo médio e IP_3 para perigo alto.

Os resultados mostram que a maior área dentro da inundação apresentou um alto perigo. Isto aconteceu para os diferentes tempos de retorno, com um aumento potencial. Por exemplo, para TR = 5 e TR = 200 anos a área de alto perigo representou 71 e 81% da área total inundada. Além disso, a segunda maior área apresentou um perigo baixo, seguido de um perigo médio.

Mapa final de áreas de perigo de inundações.

A elaboração de um único mapa de áreas de perigo de inundações foi realizada através da quantificação dos níveis de perigo proposto por PREVENE (2001). Estes níveis estão relacionados em função da frequência em termos de TR e da intensidade em termos do índice de perigo.

Contudo, foram considerados três TR de 5, 22 e 100 anos,

sendo que após de 100 anos a área inundável é quase constante. Desta forma, estimou-se o mapa final dando preferência ao nível de perigo mais alto (Figura 1).

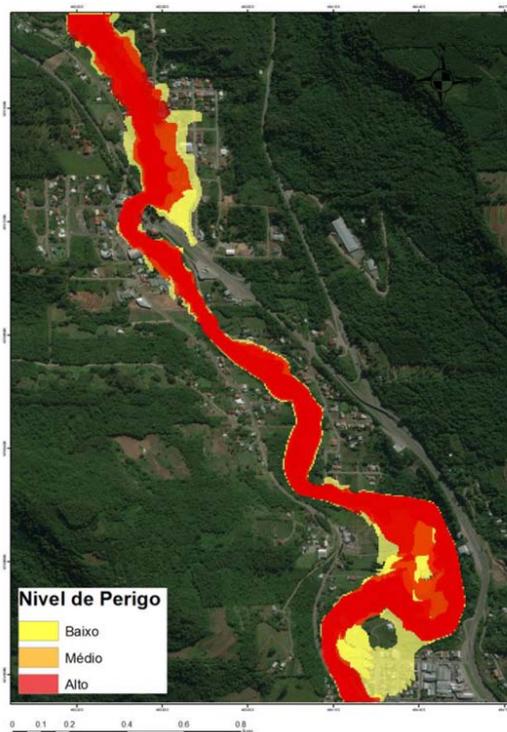


Figura 1.- Mapa de áreas de perigo de inundação.

Estes resultados demonstram que a área atingida pela inundação, associada a diferentes TRs no município de São Vendelino, encontra-se em um alto perigo, ocupando 77% da área total inundada. Isto significa que a população está em perigo, tanto dentro quanto fora de suas casas, e que as construções podem sofrer danos consideráveis, com alta possibilidade de serem destruídas.

Referencias

- Beven, K; Kirkby, M. (1979). Physically Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. Hydrological Science Bulletin. v. 24, pp. 43 – 69.
- CEPED–UFSC (2013). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012. 2 ed rev. ampl. Florianópolis: UFSC.
- Coulthard, T. J.; Neal, J. C.; Bates, P. D.; Ramirez, J.; Almeida, G. A. M.; Hancock, G. R. (2013). Integrating the LISFLOOD-FP 2D hydrodynamic model with the CAESAR model: implications for modelling landscape evolution. Earth Surface Processes and Landforms. v. 38, pp. 1897-1906
- Monteiro, R. L.; Kobiyama, M. (2014). Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. REGA. v. 10, n. 2, p. 13-25.
- PREVENE. (2001). Contribution to Natural Disaster Prevention in Venezuela. Cooperation: Venezuela – Switzerland. PNUD.
- Stephenson, D. (2002). Integrated flood plain management strategy for the Vaal. Urban Water, v. 4, p. 425-430.
- Zambrano, C. F (2017) Avaliação do perigo de inundações bruscas por meio de modelagem hidrogeomorfológica: Estudo de caso, bacia do arroio Forromeco-RS. Dissertação de Mestrado IPH/UFRGS. Porto Alegre.
- Zambrano, C. F.; Kobiyama, M.; Michel, G. P.; Pereira, M.A.; Barragan, M. L. (2015). Estudo preliminar do balanço hídrico da bacia do arroio Forromeco-RS com o modelo CAESAR-Lisflood. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília.