

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO ARICANDUVA – SP

João Victor dos Santos Silva (IC), Marina Batalini de Macedo (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: CAFlood. Hand. Inundações. Simulação.

Introdução

Inundações, definido pelo Governo do Estado de São Paulo (2023), são concentrações de águas da chuva, causadas pela ineficiência de seu escoamento na calha fluvial ou absorção do solo, e é definida como desastre natural de cunho hidrológico pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, do Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2012). Dessa forma, trata-se de um dos objetivos da saúde pública o ato de reduzir o risco de inundações e os potenciais problemas gerados, como a redução da mobilidade urbana, a propagação de doenças, a ocorrência de enxurradas em comunidades ribeirinhas e outros danos à saúde e a economia. Portanto, é visto a necessidade de métodos de prevenção às inundações, como as simulações hidráulicas e hidrológicas, que permitem analisar o comportamento de um rio, dada às mudanças ocorrentes, e as consequências dentro à uma bacia hidrográfica, e que necessitam ser coerentes com a realidade, para que a implementação de ações precisas e corretas possam realizadas.

Diante disso, existem diferentes modelos que atingem os resultados buscados, mas utilizando de diferentes métodos empregados. Dessa forma, o objetivo deste projeto é a comparação entre dois modelos de simulação de inundações, o modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) e o modelo CAFlood, e a análise comparativa entre o resultado gerado por uma chuva de projeto, aplicada para a bacia do rio Aricanduva, estado de São Paulo.

Metodologia

O presente estudo utilizou de softwares que realizam simulações de inundações em uma região, utilizando o modelo digital de elevação da região de estudo. Dessa forma, a região de estudo foi a bacia do Rio Aricanduva, localizada no estado de São Paulo.

Foram geradas chuvas de projeto utilizando um padrão de blocos alternados atrasados para períodos históricos, com chuvas de durações iguais a 30 minutos, para um tempo de retorno igual a 5 anos. As chuvas de projeto foram geradas a partir de curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), apresentada na equação (1).

$$IDF = \frac{K \cdot TR^m}{(t+t_0)^n} \quad (1)$$

Onde TR representa o tempo de retorno utilizado e t representa a duração da chuva de projeto. Já as variáveis K , t_0 , m e n representam parâmetros de ajuste para a localidade de estudo, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados de projeção para chuvas de mudanças climáticas para a cidade de São Paulo

K	3463
M	0,17
t0	22
N	1,03

O modelo digital de elevação foi obtido da missão SRTM, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (2023).

Com os valores de precipitação gerados, e em posse do modelo digital de elevação para a bacia do rio Aricanduva, foram simuladas as inundações utilizando de dois diferentes softwares. Inicialmente, foi utilizado o software de modelagem de inundação CAFlood, do Centro de Sistemas Hídricos da Universidade de Exeter (2020), e em sequência, utilizou-se o modelo HAND, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011).

Além dos valores de precipitação e do modelo digital de elevação, o modelo CAFlood foi configurado com um coeficiente de rugosidade global adotado igual a 0,02 μ m, referente à localidade de estudo.

A máxima altura de lâmina de água gerada na bacia do rio Aricanduva pelo software CAFlood foi utilizada como limiar para determinação da máxima altura de lâmina d'água gerada pelo software HAND, tornando assim, o modelo CAFlood a área de controle do projeto (Acp), e o modelo HAND como a área de simulação (Asp). Dessa forma, as áreas de inundação consideradas como acertos foram as que se apresentaram em ambos os modelos, com total sobreposição (Asob).

Com os resultados obtidos, os modelos também foram comparados entre si, com base no tipo de modelo, e com base em 3 parâmetros estatísticos: F estatístico, Acurácia Geral e Taxa de Alarme Falso. Tais parâmetros são amplamente utilizados para análise estatística em desempenho de modelos de simulação de inundações.

(SANTOS, 2023).

O parâmetro F estatístico é útil na avaliação da precisão de modelos de inundação (SANTOS, 2023). O resultado obtido varia entre 0 e 1. Valores mais próximos de 1 indicam que as áreas de inundação geradas entre os modelos possuem alta similaridade. A equação (2) apresenta o cálculo do parâmetro F estatístico.

$$F = \frac{Asob}{Acp+Asp+Asob} \quad (2)$$

O parâmetro Acurácia Geral, equação (3), avalia a capacidade dos modelos de simular corretamente as áreas inundáveis, variando entre 0 e 1, onde resultados próximos a 1 indicam simulações coerentes com a realidade.

$$AG = \frac{Asob}{Acp} \quad (3)$$

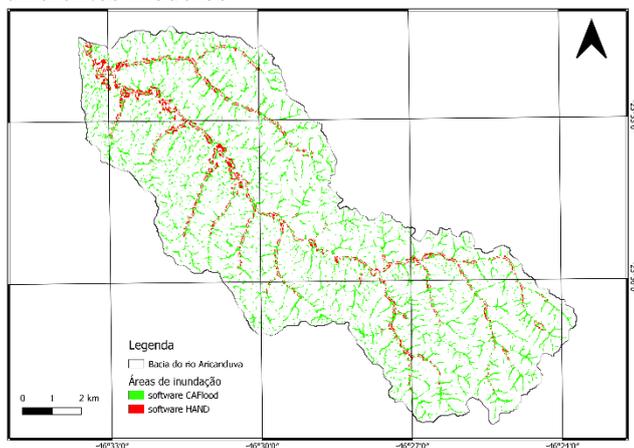
O parâmetro Taxa de Alarme Falso, equação (4), indica as áreas que foram apontadas como inundadas, mas na realidade não são. Varia entre 0 e 1, onde valores próximos a 1 indicam classificações com grandes erros.

$$TAF = \frac{Asp-Asob}{Asp} \quad (4)$$

Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta a sobreposição entre os dois mapas gerados, mostrando as áreas de inundação de forma comparativa.

Figura 1 – Comparação das inundações geradas entre os diferentes modelos



Através dos mapas, é observada a discrepância entre as áreas de inundações geradas. Os resultados gerados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das áreas de inundação

Área da bacia do rio Aricanduva (km ²)	100,37
Área de inundação - modelo CAFlood (km ²)	11,18
Área de inundação - modelo HAND (km ²)	3,33
Área de sobreposição (km ²)	0,79
Parâmetro F estatístico	5%
Parâmetro Acurácia Geral	7%

Parâmetro Taxa de Alarme Falso

76%

O parâmetro F estatístico apresentou baixa similaridade entre os mapas de inundação gerados, já o parâmetro Acurácia Geral indicou que as simulações realizadas não apresentam coerência com a realidade, e o parâmetro Taxa de Alarme Falso indicou que grande porção das áreas inundadas geradas não são ocorrentes. Os resultados obtidos da comparação entre os modelos são provenientes de comparações entre as áreas inundadas, quais mostraram grande diferença devido ao método de distribuição do deflúvio pluvial, onde, através do modelo CAFlood, a chuva é distribuída ao longo de toda a bacia e é gerada as áreas de inundações e alagamentos. Já o modelo HAND realiza uma elevação do nível d'água através do rio, apresentando como resultado apenas as áreas de inundação.

Quanto às especificidades de cada modelo, o CAFlood apresenta um modelo baseado em dados, diferente ao HAND, que apresenta um modelo de processos físicos. Ambos os modelos realizam a simulação do nível d'água. As variáveis de entrada no modelo CAFlood são os dados de precipitação, o modelo digital de elevação e a rugosidade do local de estudo. Já no modelo HAND, apenas o modelo digital de elevação foi necessário para obtenção de resultados, que depois foram tratados com base nos resultados obtidos pelo modelo CAFlood.

Conclusões

O estudo apresentou os resultados da comparação entre dois modelos que realizam simulações de inundações, o modelo CAFlood e o modelo HAND. Cada modelo apresenta diferentes especificidades e variáveis de entrada. Os resultados obtidos apresentaram grandes diferenças, quais foram analisadas através de parâmetros estatísticos e indicaram a diferença em como a simulação é realizada por cada modelo, e pela geração de alagamentos através do modelo CAFlood.

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal de Itajubá pelo fornecimento de todo o conhecimento e suporte na pesquisa.

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo suporte e financiamento da pesquisa.

Agradecimentos à biomédica Laura Câmara, por todo o apoio e auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

E agradecimentos à professora doutora Marina Batalini de Macedo, que orientou toda a pesquisa e forneceu auxílio em todas as etapas.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2011, Brasília. **Anuário** [...]. Brasília: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, 2012.

- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Inundações. São Paulo. 2023.
- MACEDO, M. B.; MENDIONDO, E. M.; RAZZOLINI, M. T. P.; NARDOCCI, A. C. Estrutura de avaliação do risco de infraestrutura de saneamento frente a eventos de inundação em centros urbanos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 14., 2021, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Minas Gerais: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2021. p. 1-10.
- NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNO, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S. Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v.404, n.9, p. 13–29, 2011.
- SANTOS, Jaqueline Carolino. Estudo de caso. *In: SANTOS, Jaqueline Carolino. COMPARAÇÃO ENTRE A ÁREA INUNDÁVEL OBTIDA POR IMAGENS ÓTICAS DE SATÉLITE E SIMULAÇÕES REALIZADAS NO HEC-RAS E HAND MODEL*: Estudo de caso da Bacia Alto Paranapanema. 2023. Dissertação (Mestrado em desastres naturais) – Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2023.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS. **Earth Explorer**. Estados Unidos, 2023.
- UNIVERSIDADE DE EXETER. Centro de Sistemas Hídricos. **CAFlood**. Exeter. 2020.