



## MAPEAMENTO DE ÁREAS URBANAS INUNDADAS E INDICADORES DE PERIGO EM UM TRECHO DO RIO TRACUNHAÉM NO MUNICÍPIO DE NAZARÉ DA MATA/PE

*Edinilson de Castro Ferreira I<sup>(1)</sup>; Bruno e Silva Ursulino<sup>(2)</sup>; Alexson Caetano<sup>(3)</sup>; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral<sup>(4)</sup>*

<sup>(1) (2) (3)</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, [edinilsoncastro@hotmail.com](mailto:edinilsoncastro@hotmail.com), [brunosenga@hotmail.com](mailto:brunosenga@hotmail.com), [alexsoncaetano@hotmail.com](mailto:alexsoncaetano@hotmail.com)

<sup>(4)</sup> Professor da Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE, [jcabral@ufpe.br](mailto:jcabral@ufpe.br)

### RESUMO

O mapeamento de áreas de risco de inundações urbanas é um excelente instrumento para auxiliar gestores nas diretrizes de uso e ocupação do solo dos municípios. Logo, esse trabalho delimita áreas sujeitas a cheias e identifica indicadores de perigo (profundidade de água, velocidade de fluxo e intensidade) nas margens do Rio Tracunhaém, no município de Nazaré da Mata, no estado de Pernambuco. Os valores de descarga foram obtidos através do estudo fluviométrico da série de vazões de um posto a montante do trecho em análise. O mapeamento das áreas inundadas foi realizado com *HEC-RAS* e indicaram que 32,45% da área total da cheia corresponde a áreas urbanizadas, para uma vazão com tempo de retorno de 100 anos. A partir dos mapas de riscos, evidenciou-se que o indicador de perigo “profundidade” foi o que apresentou maior potencial de dano à população.

**Palavras-chave:** Inundações Urbanas, *HEC-RAS*, *LiDAR*.

### INTRODUÇÃO

As inundações em áreas ribeirinhas ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média com tempo de retorno superior a dois anos (Tucci, 1995).

As áreas de leito maior, por passarem vários anos sem que ocorram inundações, sofrem pressões para serem ocupadas. Essa ocupação ocorre geralmente por falta de uma política pública de controle do uso e ocupação do solo.

O controle da inundação em áreas ribeirinhas, passa pela aplicação de medidas estruturais, quando o homem modifica o rio, ou por medidas não-estruturais, quando o homem passa a conviver com o rio. Dentre as técnicas não estruturais mais difundidas destaca-se o mapeamento de áreas inundáveis, sendo uma alternativa viável financeiramente e útil nos estudos de risco (MONTE *et al.*, 2016).

O mapeamento de áreas de risco de inundação em áreas urbanizadas às margens de rios já vem sendo objeto de estudos no Estado de Pernambuco, como nos trabalhos de Neto *et al.* (2015) e Neto *et al.* (2016), onde foram analisadas áreas de risco de inundação no rio Una, no município de Palmares-PE, e no rio Ipojuca, cidade de Ipojuca-PE.

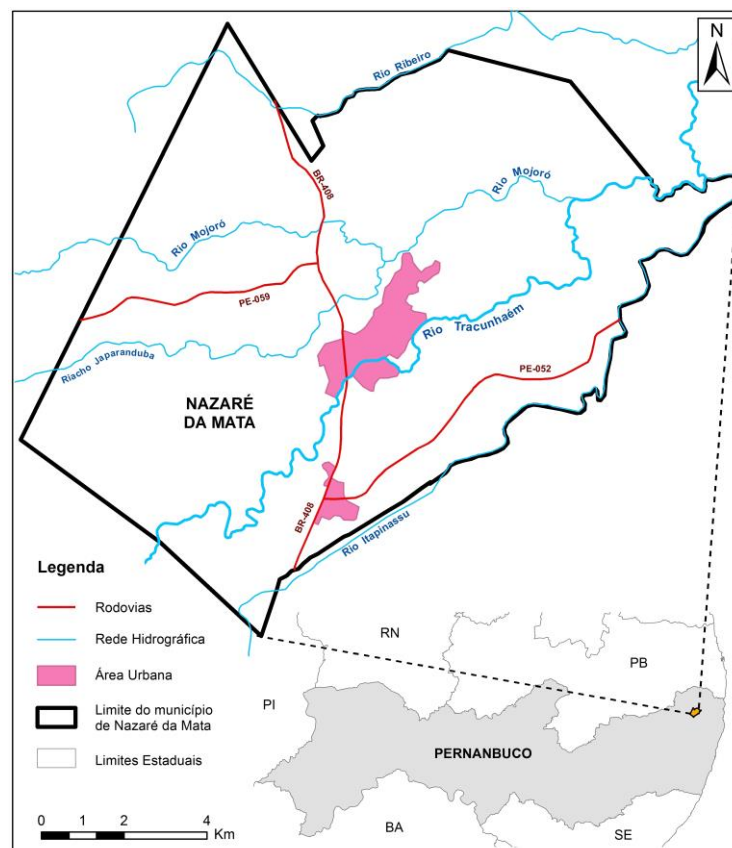
O presente artigo teve como objetivo propor um mapeamento das áreas urbanas inundáveis e de indicadores de perigo no município de Nazaré da Mata – PE, utilizando dados da série histórica e modelagem hidráulica.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudo

A área do estudo compreende um trecho do rio Tracunhaém que atravessa um trecho do perímetro urbano do município de Nazaré da Mata-PE (Figura 1). A bacia que contribui para esse trecho possui uma área de 692 km<sup>2</sup>. O rio Tracunhaém possui uma extensão total de cerca de 127 km e tem como afluentes principais os rios Orobó, Ribeiro, Acaú e riachos Pagé e Paissandu. O trecho do rio que corta a área urbana da cidade possui uma extensão de 1.520 metros.

**Figura 1:** Localização do município de Nazaré da Mata-PE.  
 Fonte: Divisão Política-IBGE (2016), Google Earth (2014), Geodiversidade do Estado de Pernambuco (2010).



### 3.2. Estudo Fluvimétrico

O estabelecimento das vazões de inundações teve por base, os dados obtidos a partir do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), gerido pela ANA (Agência Nacional de Águas), para o posto fluvimétrico 39084010, localizado a montante da área de estudo, no município de Nazaré da Mata-PE. Foi selecionado para o estudo apenas os dados da série de consistência nível 2 e excluídos os anos com falhas em suas séries, logo os períodos analisados foram de 1973 a 1989 e 1994 a 2006.

Para todos os anos analisados foram selecionados as máximas descargas diárias, com o objetivo de obter as vazões máximas para os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos. Geralmente as distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas ajustam-se satisfatoriamente à distribuição de Gumbel, segundo Leopoldo *et al.* (1984). A fim de comprovar a aderência dessa distribuição foi aplicado o teste de Sminorv-Kolmogorov para um nível de significância de 5%.

### 3.3. Simulação Hidráulica

A simulação hidráulica foi realizada com programa *HEC-RAS*, auxiliada com o aplicativo do *ArcGIS*, o *HEC-GeoRAS*, para a aquisição das seções transversais e geração dos mapas de risco. O software *HEC-RAS* é um modelo computacional disponível gratuitamente, é capaz de simular escoamentos unidimensionais, em regime permanente ou transitório, através de processos iterativos utilizando as equações de Conservação de Energia (Bernoulli) e Perda de Carga.

As análises realizadas nesse estudo foram feitas em regime de escoamento permanente (*Steady Flow*) e subcrítico. Os principais dados de entrada são as seções transversais do rio, o coeficiente de Manning ( $n$ ), além dos dados de vazão e condições de contorno.

As seções transversais foram extraídas do Modelo Digital do Terreno (MDT) com resolução de 0,5 metros quadrado, gerado por meio do levantamento com técnica *LiDAR* (Light Detection and Ranging), que utiliza feixes de laser emitidos a partir de uma aeronave. Ao longo de um trecho do rio de 744,34 metros, foram levantadas seções transversais equidistantes cerca de 5 metros uma da outra, com comprimento das seções variando de 50 a 200 metros, de acordo com as áreas inundáveis. Para o coeficiente de Manning, foram utilizados os valores sugeridos pelo *HEC-RAS*, de acordo com as características do rio ( $n =$

0,04). A condição de contorno utilizada foi a profundidade normal (Normal Depth), calculada pela equação de Manning. Por se tratar de um modelo unidimensional, as variáveis hidráulicas profundidade e velocidade da água referem-se às condições médias na seção transversal.

### 3.4. Indicadores de Perigo

Os mapas indicadores de perigo foram obtidos através da metodologia sugerida por Wright (2008), Kreibich *et al.* (2009) e Neto *et al.* (2016), considerando três indicadores: profundidade da água (m), velocidade do fluxo (m/s) e intensidade (obtido pelo produto dos dois primeiros indicadores, em  $m^2/s$ ). A elaboração dos mapas foi realizada no *HECgeo-RAS*, após a simulação gerada no *HEC-RAS* para o tempo de retorno de 100 anos.

Após a obtenção dos três mapas, uma nova reclassificação foi realizada objetivando limitar os pixels em três níveis de perigo: Baixo, Médio e Alto. Os limiares para os mapas de profundidade da água e velocidade de fluxo foram 0,6 e 1,2, e para o indicador de intensidade foi adotado 0,36 e 1,5, conforme a tabela 1. Os valores dos limiares foram escolhidos baseados nos autores citados.

**Tabela 1:** Valores de limiares dos indicadores de perigo adotados.

Indicador	BAIXO (1)*	MÉDIO (2)*	ALTO (3)*
Profundidade da água (m)	0-0,6	0-1,2	>1,2
Velocidade de fluxo (m/s)	0-0,6	0-1,2	>1,2
Intensidade ( $m^2/s$ )	0-0,36	0,36-1,50	>1,50

(\*)Valor do pixel

## 4. RESULTADOS

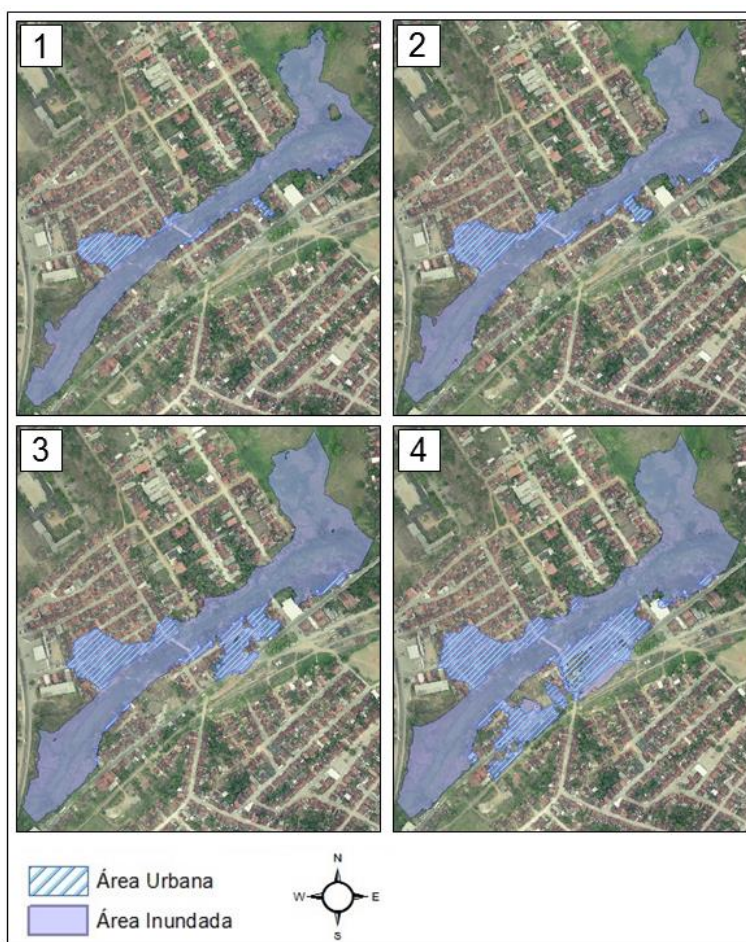
Os resultados do estudo fluviométrico indicaram vazões de 304 a 515,31  $m^3/s$  para os tempos de retorno analisados (tabela 2). Com as diferentes vazões foi possível simular e quantificar as áreas inundadas (figura 2 e tabela 2). Observa-se que as áreas urbanizadas atingidas variam de 11,08% (TR = 10 anos) a 32,45% (TR = 100 anos) da área total inundada, com 209 lotes atingidos para o pior cenário.

**Tabela 2:** Vazões máximas para diferentes tempos de retorno e respectivas áreas inundadas.

Tempo de Retorno (anos)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Área total da Inundação (m <sup>2</sup> )	Área Urbanizada Atingida (m <sup>2</sup> )	%*	Número de Lotes Atingidos
10	304,00	48663,48	5393,71	11,08	48
25	389,23	58274,95	9204,69	15,80	89
50	459,56	68421,39	15021,98	21,96	125
100	515,31	83613,58	27129,56	32,45	209

(\*) Percentual de área urbanizada atingida.

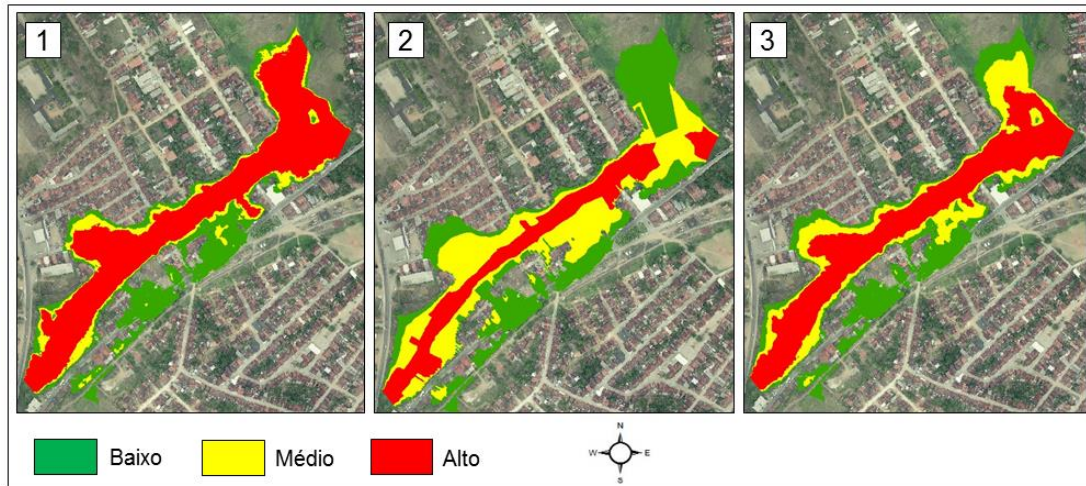
**Figura 2:** Áreas inundadas e áreas urbanizadas atingidas por vazões com tempos de retorno de 10 (1), 25 (2), 50 (3) e 100 anos (4).



Os resultados do mapeamento de indicadores de perigo podem ser observados na figura 3. Dos indicadores analisados, a profundidade de água (1) foi o que apresentou maiores danos a população, uma vez que profundidades acima de 1,2 m (perigo Alto) predominaram na região inundada, atingindo muitas residências. O indicador de velocidade de fluxo (2) apresentou maiores valores (>1,2m/s) na calha principal do rio, com valores de baixo e médio risco nas áreas urbanizadas. O indicador de perigo intensidade demonstrou similaridade com os resultados do indicador profundidade na maior parte do trecho analisado.



**Figura 3:** Resultado dos mapas indicadores de perigo na simulação de inundação com tempo de retorno de 100 anos. Profundidade da água (1), velocidade do fluxo (2) e intensidade (3).



## 5. CONCLUSÃO

Os indicadores de perigo avaliados constituem uma importante ferramenta para o gerenciamento de áreas de risco de inundação. Mediante os resultados do mapeamento das áreas de risco e dos indicadores de perigo, no município de Nazaré da Mata, conclui-se que há um número significativo de residências localizadas em áreas suscetíveis à alagamentos. A predominância do alto perigo de dano do indicador “profundidade”, justifica-se pela área de estudo apresentar regiões com planície de declividade em cotas baixa em relação ao leito do rio. As áreas mapeadas de inundação mostraram-se aderentes com registros de cheias na região em estudo, demonstrando assim a eficácia da metodologia aplicada.

## 6. REFERÊNCIAS

- KREIBICH, H.; PIROTH, K.; SEIFERT, I.; MAIWALD, H.; KUNERT, U.; SCHWARZ, J.; MERZ, B.; THIEKEN, A. H. Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling? *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 9, p. 1679-1692, Oct. 2009.
- LEOPOLDO, P. R.; SANSIGOLO C. A.; MARTINS, D. Análise estatística das intensidades e precipitações máximas de Botucatu-SP. *Item*. Brasília, DF. 16 (2): p. 11-14. 1984.
- MONTE, B. E. O.; COSTA, D. D., CHAVES, M. B.; MAGALHÃES, L. O.; UVO, D. C. B. Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 152-167, jan./mar. 2016.
- NETO, A. R.; BATISTA, L. F. D. R.; COUTINHO R. Q. Methodologies for generation of hazard indicator maps and flood prone areas: municipality of Ipojuca/PE. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 377–390, abr./jun. 2016.
- NETO, A. R.; CIRILO, J. A.; DANTAS, C. E. O.; SILVA, E. R. Caracterização da formação de cheias na bacia do rio Una em Pernambuco: simulação hidrológica-hidrodinâmica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 394-403, abr./jun. 2015.
- WRIGHT, J. M. *Floodplain Management: Principles and Current Practices*. Knoxville: The University of Tennessee, 2008.