

Identificação dos elementos expostos à inundação em Estrela e Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil

Identification of flood exposed elements in Estrela and Lajeado, Rio Grande do Sul, Brazil

A. A. V. Scconti^{*1}, S. Pereira^{2,3}, C. Bateira³, L. E. S. Robaina¹, R. Trentin¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, LAGEOLAM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Universidade do Porto, FLUP, Departamento de Geografia, CEGOT, Porto, Portugal.

³ Universidade de Lisboa, IGOT, CEG, Lisboa, Portugal.

* anderson.sccoti@ufsm.br

RESUMO

As ferramentas do geoprocessamento permitem modelar as áreas suscetíveis à inundação e correlacioná-las com dados tabulares de censos demográficos. O objetivo deste trabalho é identificar os domicílios/estabelecimentos localizados em áreas suscetíveis à inundação em Estrela e Lajeado/RS/BR. Os dados foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o modelo hidrológico foi gerado no IBER. Os resultados podem servir como ferramenta para o ordenamento do território

Palavras-chave: *Inundações; Modelo hidrológico; IBER; dados censitários.*

Key-words: *floods; hydrological model; IBER; census data.*

1. INTRODUÇÃO

As inundações são processos estudados pela geomorfologia fluvial e estão associadas ao aumento da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas. As inundações podem ocorrer associadas a precipitações volumosas, as quais elevam os níveis dos caudais e promovem o transbordamento para as planícies de inundação.

Com o avanço da urbanização sobre as planícies de inundação, fruto da especulação imobiliária e da necessidade de habitação, foi fomentada a ocupação desordenada e o conflito da relação sociedade e natureza. Nos países em desenvolvimento a situação é crítica, pois os danos e perdas são elevados, indo desde a subtração de moradias e bens domésticos, até à perda de vidas (Alcantara-Ayala, 2002).

Com o propósito de auxiliar no planejamento e ordenamento do território, diversos estudos se focaram na análise e mapeamento dos desastres naturais associados à dinâmica fluvial (Luu et al., 2018; Prina e Trentin, 2018; Eckhardt et al., 2009), tendo por base a geomorfologia e o uso do geoprocessamento.

Os modelos hidrológicos gerados em Sistemas de Informação Geográfica, se mostram como alternativa para a identificação e auxílio ao mapeamento de áreas suscetíveis à inundação. O *software* IBER é um exemplo, pois possibilita a modelação bidimensional de águas superficiais, simula o comportamento do escoamento da superfície livre de rios, com base em dados hidrológicos (Bladé et al., 2014).

Estrela e Lajeado são dois municípios localizados no Rio Grande do Sul com uma área de 185,02 e 91,23 km², respetivamente. As suas áreas urbanas se encontram nas margens do rio Taquari - Antas, ocupando parte de suas planícies de inundação. As duas áreas urbanas apresentam um vasto histórico de inundação (Reckziegel, 2007, Eckhardt et al., 2009, Borges et al., Prelo). No período entre 2000 e 2023, os dois municípios registaram 52 eventos de inundação, com destaque para a inundação de setembro de 2023, que foi a segunda maior da história, ficando atrás do evento de 1941 (Zero Hora, 2023).

Com base nessas informações, este trabalho tem como objetivo modelar as áreas suscetíveis à inundação usando o *software* IBER e identificar os domicílios/estabelecimentos, recenseados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, expostos às inundações.

A Bacia Hidrográfica do rio Taquari-Antas, drena a porção nordeste do Rio Grande do Sul desde o topo do Planalto dos Campos Gerais, escoando em direção à Depressão Central Gaúcha, desaguando no rio Jacuí. A área total da bacia hidrográfica é de 26.430 km² com altitudes: máxima de 1.266 m, média de 599,54 m e mínima de 1 m. Os municípios encontram-se nas margens direita (Lajeado) e esquerda (Estrela) do rio Taquari-Antas. Os eventos hidrológicos extremos na BH do Taquari-Antas podem ser deflagrados por chuvas frontais e convectivas (CPRM, 2021; Rossato, 2011).

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos necessários para a realização deste trabalho podem ser sintetizados em duas etapas: (a) obtenção das áreas suscetíveis à inundação utilizando o IBER; (b) coleta e espacialização dos dados censitários de domicílios/estabelecimentos recenseados disponibilizados pelo IBGE.

a. Obtenção das áreas suscetíveis à inundação no *software* IBER

O IBER é um *software* de acesso gratuito, disponível em <https://www.iberaula.es/>. Para gerar o modelo são necessárias informações hidrológicas e cartográficas. Os dados hidrológicos de vazão (Qp) e tempo de concentração (Tc) (Quadro 1) foram obtidos no trabalho de Oliveira et al. (2018). Para este trabalho foram utilizados dados hidrológicos referentes a um tempo de retorno de 100 anos.

Quadro 1. Dados hidrológicos utilizados na obtenção das áreas suscetíveis à inundação no *software* IBER

Sub-bacia	Tc (horas)	Qp (m ³ /s)
Alto Rio Taquari	79,0	15.711
Rio Forqueta	25,1	3.023
Arroio Boa Vista	11,5	767
Arroio Estrela	8,6	360

Fonte: Oliveira et al. (2018).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado tem como base as imagens Alos/Palsar (12,5 m de resolução espacial), disponíveis no *Alaska Satellite Facility* (<https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>). Após recortar a área de trabalho, o arquivo em *.geotiff foi transformado em *.txt no ArcGIS PRO e, posteriormente, adicionado como uma malha no IBER 2.5.2. Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos no projeto MapBiomas (<https://brasil.mapbiomas.org/>). No processamento esses dados têm como função representar as diferentes rugosidades e são inseridos como uma malha (*.txt) com distintos valores de Manning.

A validação do modelo ocorreu por meio da comparação com o modelo do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS) (Laipelt *et al.*, 2023) e informações coletadas em trabalhos de campo sobre a cota e área inundável. Mais informações sobre os parâmetros de entrada, tipos de processamento e validação dos resultados, podem ser obtidos no trabalho de Bladé *et al.* (2014).

b. Obtenção dos dados no IBGE

Os dados referentes aos domicílios/estabelecimentos recenseados em 2022 estão disponíveis na página do IBGE (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>) na aba CNEFE – Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos. As informações foram espacializadas utilizando o QGIS 3.28, resultando numa camada de pontos localizados nas áreas inundáveis. Cabe destacar que categorias em um mesmo endereço foram quantificadas de maneira separada pelo IBGE.

Após recortar os pontos localizado em áreas suscetíveis à inundação, os mesmos foram categorizados e quantificados com auxílio dos filtros de campo do QGIS 3.28. A sobreposição das informações obtidas por meio do geoprocessamento, possibilitou identificar e interpretar a exposição às inundações dos domicílios/estabelecimentos.

3. RESULTADOS

Com os resultados obtidos no modelo hidrológico do IBER, foram identificados 20,97 km² suscetíveis à inundação nas áreas urbanas de Estrela e Lajeado. No Quadro 2 estão disponíveis as áreas inundáveis por município. O modelo hidrológico gerado no IBER, demonstrou um grande nível de acerto, quando comparado ao modelo hidrológico gerado pelo IPH/UFRGS (Laipelt *et al.*, 2023) e quando confrontado com dados coletados em trabalhos de campo.

Quadro 2. Áreas suscetíveis à inundação em Estrela e Lajeado.

Município	Área urbana total (km ²)	Áreas suscetíveis à inundação- IBER (km ²)	Modelo IPH/UFRGS (km ²)	Sobreposição (km ²)
Lajeado	78,21	11,87	9,85	9,12
Estrela	18,89	9,10	8,00	7,67

Com relação aos domicílios localizados em áreas suscetíveis à inundação, foram identificados 4.279 em Estrela e 3.706 em Lajeado. No Quadro 3 é possível verificar a categorização dos tipos de domicílios expostos a eventos de inundação nas áreas urbanas de Estrela e Lajeado. Os domicílios particulares têm relevante destaque em termos numéricos.

Quadro 3. Número de tipos de endereço localizados em áreas suscetíveis à inundação.

ESPÉCIE DE ENDEREÇO	ESTRELA	LAJEADO
Domicílio Particular	3.661	3.143
Domicílio Coletivo	1	5
Estabelecimento Agropecuário	2	10
Estabelecimento de Ensino	8	4
Estabelecimento de Saúde	9	11

Estabelecimento de Outras Finalidades	508	476
Edificação em Construção	60	35
Estabelecimento Religioso	30	17

Fonte: IBGE (2022)

A identificação de estabelecimentos dedicados à saúde e à educação em áreas suscetíveis, causa preocupação, pois com a exposição desses endereços a eventos de inundação, compromete sua função. Hospitais, Posto de Saúde e escolas são estruturas utilizadas como suporte durante eventos e o fato de estarem expostas, pode representar um problema para o acolhimento de atingidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação das áreas inundáveis por meio do modelo hidrológico gerado no IBER mostra-se como uma ferramenta de fácil utilização e que apresenta bons resultados.

A identificação das áreas inundáveis e dos tipos de domicílios/estabelecimentos expostos à inundação pode servir como uma importante ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade a inundações, gestão da emergência, planeamento e ordenamento do território e estratégias de redução dos danos causados em eventos de inundação.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de Pós-Doutorado, por meio do Programa Institucional de Internacionalização – CAPES/PrInt.

Referências

- Alcantara-Ayala, I. (2002) Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. *Geomorphology*, 47, 107-124. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00083-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00083-1)
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 30(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- Borges, C. C., Robaina, L. E. S., & Scoti, A. A. V. (no prelo). Estudo dos processos hidrológicos causadores de desastres que ocorrem nos municípios de Estrela e Lajeado, Vale do Taquari/RS [Study of the hydrological processes that cause disasters in the municipalities of Estrela and Lajeado, Vale do Taquari/RS]. *Revista Geografia Ensino & Pesquisa*.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2006). *Portal Geosgb*. [Geosgb Portal]. <https://geosgb.sgb.gov.br/>
- Eckhardt, R. R., Saldanha, D. L., & Rocha, R. dos S. da. (2009). Modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas urbanas sujeitas às inundações na cidade de Lajeado/RS [Cartographic model applied to the mapping of urban areas subject to flooding in the city of Lajeado/RS]. *Revista Brasileira de Cartografia*, 60(3). <https://doi.org/10.14393/rbcv60n3-44868>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Portal Estatística*. [Statistic Portal]. IBGE – Estatística. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>
- Laipelt, L., Paiva, R., Fan, F., Ruhoff, A., Collischonn, W., Moraes, S. R., & Eckhardt, R. (2023). Estimativa preliminar das áreas urbanas inundadas durante a cheia do Rio Taquari-Antas (Set-2023) via sensoriamento remoto [Preliminary estimate of urban areas

flooded during the Taquari-Antas River flood (Sept-2023) via remote sensing].

In <https://www.ufrgs.br/hge/wp-content/uploads/2023/09/Nota-Tecnica-Cheia-Taquari-Antas-Set-2023.pdf>

Oliveira, G. G. de, Eckhardt, R. R., Haetinger, C., & Alves, A. (2018). Caracterização espacial das áreas suscetíveis a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do rio taquari-antas [Spatial characterization of susceptible areas to floods and flash floods in the Taquari-Antas river basin]. *Geociências*, 37(4), 849–863.

<https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i4.12312>

Prina, B. Z., & Trentin, R. (2018). Tempo de retorno de inundações: aplicação metodológica [Flood return time: methodological application]. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 22(3), 670–686. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2018.145266>

Reckziegel, B. W. (2007). *Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005* [Survey of disasters triggered by adverse natural events in the state of Rio Grande do Sul from 1980 to 2005]. (Dissertação de Mestrado, PPGEO/UFSM). Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9268>

Rossato, M. S. (2011). *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia* [The climates of Rio Grande do Sul: variability, trends and typology]. (Tese de doutoramento POSGEA/UFRGS). Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32620>

ZERO HORA (2023). Cheia do Taquari é a segunda maior da história do rio (Taquari flood is the second highest in the river's history). Disponível em:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2023/09/cheia-do-taquari-e-a-segunda-maior-da-historia-do-rio-clm8djpjk001o01368th6mxwh.html>