



DIAGNÓSTICO SOCIOESPACIAL DE VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES EM ITAJAÍ (SC) A PARTIR DO MODELO HEIGHT ABOVE THE NEAREST DRAINAGE (HAND)

Lucas Pereira Cabral, Evandro Luiz Pasa, Carolina Schmanech Mussi
Planejamento Urbano e Regional - Serviços Urbanos e Regionais

Este artigo aborda a vulnerabilidade histórica do município de Itajaí (SC) a inundações, justificada pela necessidade de soluções contemporâneas à gestão de desastres que integrem dados e modelem cenários com precisão, utilizando o geoprocessamento para otimizar o planejamento urbano. O objetivo principal foi propor e aplicar uma arquitetura tecnológica para elaborar um diagnóstico socioespacial unificado da vulnerabilidade do município, desenvolvendo um fluxo de dados geoespaciais para modelar e simular cenários de inundação, quantificando a população exposta, sua renda e área atingida por bairro. A metodologia empregou uma rotina de automação em Python com a biblioteca ArcPy, implementando o modelo Height Above Nearest Drainage (HAND) a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT) de 1 metro de resolução. O script automatizou a geração de manchas de inundação para seis cenários distintos (cotas de 1 a 3,5 metros acima do nível normal dos rios), validando a aderência do modelo com dados de ruas efetivamente inundadas durante o evento de cheia de 2023. Os resultados revelaram uma forte correlação entre a mancha de inundação e as características socioeconômicas, com bairros de menor renda sendo os mais impactados em uma progressão exponencial do risco. Conclui-se que a solução tecnológica desenvolvida é inovadora e eficiente para diagnósticos de vulnerabilidade, fornecendo uma visão sistêmica do risco para o planejamento integrado com escalabilidade de replicação em outros municípios catarinenses.

Introdução:

No Brasil, e em especial na região Sul, as inundações representam um desafio crescente e persistente. Particularmente no sul do país, observa-se uma tendência de aumento na frequência e intensidade desses eventos, fenômeno que está intrinsecamente ligado às mudanças climáticas (MARENGO et al., 2024). Neste cenário, o município de Itajaí, situado na Vertente Atlântica do nordeste catarinense, é particularmente suscetível a esses eventos, apresentando uma vulnerabilidade histórica às inundações, um fator influenciado pela complexa dinâmica de seu sistema hídrico que é influenciado, principalmente, pelos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim (D'ÁVILA, 2018; POLETTE et al., 2012). Uma vulnerabilidade a inundações que é intensificada por fatores como a ocupação desordenada e o desmatamento, aliados às características geomorfológicas do município. Diante disso, a capacidade de prever e gerenciar os riscos de inundação torna-se fundamental.

Nesse contexto, a gestão de desastres moderna demanda soluções que integrem dados e modelem cenários com alta precisão. Conforme Souza (2015), o uso de geoprocessamento como suporte tecnológico agiliza e melhora a precisão de estudos, simulações e da cartografia no planejamento urbano. Assim, a modelagem de cenários torna-se uma ferramenta indispensável no gerenciamento de desastres, pois permite antecipar riscos e subsidiar a gestão. Essa importância é destacada por Kobiyama et al. (2006) como um passo essencial para diagnosticar os mecanismos dos desastres. Abordagens como a modelagem hidrológica, em especial o modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage) surgem como ferramentas robustas na simulação de áreas de inundação (HU & DEMIR, 2021). Um diagnóstico que possibilita a previsão de ocorrências e a criação de estratégias mais confiáveis e precisas de prevenção.

Este trabalho propõe e aplica uma arquitetura tecnológica para a elaboração de um diagnóstico socioespacial unificado da vulnerabilidade ambiental do município de Itajaí (SC). Neste sentido, visa desenvolver um fluxo de dados geoespaciais públicos para modelar e simular cenários de inundação, relacionando as circunstâncias de inundação com dados sociodemográficos. Com a modelagem foi possível quantificar a população exposta, a renda e a área atingida por bairro, resultando em um diagnóstico automatizado que pode apoiar na formulação e implementação de políticas públicas relacionadas.

Método

A metodologia foi executada a partir de uma rotina de automação desenvolvida em Python e na



24º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

13ª Mostra Científica de Integração
entre Pós-Graduação e Graduação
3ª Jornada de Tecnologia e Inovação

biblioteca ArcPy. Essa solução customizada implementou as etapas do modelo HAND, processando um MDT de 1 metro (m) de resolução para toda a área do município, disponibilizado pelo Sistema de Informação Geográfica de Santa Catarina (SIGSC). O uso dessa abordagem se justifica por ser considerada adequada ao mapeamento de zonas de inundação, conforme demonstrado por Momo et al. (2016), que ressaltaram a eficácia do modelo justamente com dados de alta resolução espacial como aqueles utilizados nesta pesquisa.

A partir do mapa HAND resultante, o script automatiza a geração de manchas de inundação para seis cenários distintos, correspondendo a cotas de 1, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 e 3,5 m acima do nível normal dos rios. Essa padronização de cotas é justificada pela Defesa Civil local, que monitora o rio e estabelece a Cota de Inundação em um nível crítico, significativamente superior a 1,5 m. Atingir essa cota implica no transbordamento do rio de sua calha normal, resultando nos primeiros alagamentos em áreas urbanas e residenciais. Reconhecendo-se que, em certas localidades, a criticidade desses cenários de emergência é amplificada, o que confere maior realismo à análise.

Após a simulação dos pontos de suscetibilidade, realiza-se a intersecção espacial de cada mancha simulada com camadas de dados populacionais, socioeconômicos e informações sobre a área dos bairros. Para esta análise, são utilizados dados de população, rendimento do responsável por domicílio e características de entorno domiciliar por setor censitário, dados obtidos do Censo Demográfico de 2022, uma vez disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para validar a aderência do modelo à realidade local, as manchas de inundação simuladas foram comparadas com dados de ruas efetivamente inundadas durante o evento de cheia de 2023, disponibilizados pela Defesa Civil de Itajaí. Esta etapa de validação qualitativa confirmou a alta correlação entre as áreas modeladas e os registros históricos, reforçando a importância do monitoramento contínuo e da modelagem de cenários como ferramentas estratégicas para o planejamento urbano e a gestão de desastres.

Resultados e discussões

A análise dos cenários de inundação revela forte correlação entre a mancha de inundação e as características socioeconômicas dos bairros de Itajaí. Os resultados quantitativos, obtidos a partir do cruzamento de dados do modelo HAND com informações do Censo de 2022, permitem traçar um diagnóstico claro de vulnerabilidades locais.

Os resultados demonstram que os bairros com menor rendimento médio mensal estão entre os mais severamente impactados em todos os cenários simulados. Bairros como Murta, Imaruí, Cidade Nova e Cordeiros concentram a maior parte da população atingida e do percentual de área inundada. No cenário de 2,5 a 3,0 m, por exemplo, Murta e Cordeiros somam quase 22 mil pessoas afetadas, ambas com rendas médias significativamente inferiores às de bairros menos impactados. Isso evidencia uma clara sobreposição entre a vulnerabilidade social e a exposição ao risco de inundação, indicando que os desastres potencializam desigualdades preexistentes no espaço urbano.

Assim, o impacto das inundações não se mostra linear. Um aumento de apenas 0,5 m no nível do rio pode multiplicar drasticamente o número de pessoas e a área afetada. Essa progressão é particularmente visível em bairros como Cidade Nova e Santa Regina. No primeiro, a população atingida salta de 2.693 (no cenário de 2,5 m) para 7.089 (no cenário de 3,0 m), um aumento de 163%; no segundo, o salto é ainda mais expressivo, passando de 92 para 754 pessoas afetadas no mesmo intervalo. Essa escalada não linear do risco sublinha a urgência de sistemas de alerta e evacuação eficientes, pois pequenas variações no nível do rio podem gerar consequências desproporcionalmente maiores.

A análise aponta que os bairros Murta e Imaruí são, consistentemente, os mais vulneráveis em todos os cenários. Em um cenário de 2,0 a 2,5 m, ambos apresentam mais de 50% de suas áreas úteis inundadas. No cenário seguinte (2,5 a 3,0 m), essa vulnerabilidade se intensifica, com o Imaruí atingindo 79,32% e o Murta 83,52% de área afetada. No cenário mais extremo (3,5 m), o bairro Murta fica quase inteiramente submerso (92,33%). Essa alta suscetibilidade, combinada à baixa renda média e alta densidade populacional, classifica tais áreas como prioritárias para políticas de mitigação, adaptação e resposta a desastres.

A análise da arborização, obtida através dos dados do entorno dos domicílios, também revela dados importantes: a maioria dos domicílios atingidos em todos os cenários possui pouca ou nenhuma arborização, sugerindo uma correlação entre a falta de infraestrutura verde e a maior exposição aos impactos de inundações. A ausência de árvores pode contribuir para o aumento do escoamento superficial e a redução da capacidade de absorção do solo, intensificando os efeitos das cheias.

A discussão dos resultados deve considerar algumas limitações inerentes ao modelo. O HAND é um



24º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

13ª Mostra Científica de Integração
entre Pós-Graduação e Graduação
3ª Jornada de Tecnologia e Inovação

modelo topográfico e não simula a complexa hidrodinâmica da drenagem urbana (bueiros, galerias) nem a influência de marés. Portanto, os resultados representam a suscetibilidade à inundação fluvial, e não necessariamente alagamentos pluviais localizados. Para validar a aderência do modelo, as manchas simuladas foram comparadas qualitativamente com registros de eventos de cheias históricos, apresentando alta correlação com as áreas notoriamente afetadas. Conclui-se que a solução tecnológica desenvolvida é uma abordagem inovadora e eficiente para a elaboração de diagnósticos de vulnerabilidade.

Considerações finais

A análise integrada do município oferece uma compreensão sistêmica do risco, fundamental para um planejamento eficaz. Sob a perspectiva social, esta pesquisa aprimora a segurança da população ao proporcionar um diagnóstico preciso das áreas de risco. O principal impacto deste trabalho reside em sua escalabilidade, dado que o estado de Santa Catarina já possui um Modelo Digital de Terreno (MDT) de 1 m, assim a metodologia aqui desenvolvida pode ser replicada em qualquer município catarinense. O que transforma este estudo de caso em um protótipo valioso para uma ferramenta estadual de gestão de riscos. Adicionalmente, a disponibilização futura de dados pelo IBGE permitirá a realização de novas análises e cruzamentos com indicadores socioeconômicos demográficos e culturais, abrangendo informações sobre populações em diferentes aspectos, incluindo estrutura etária, nível de escolaridade, emprego, renda, saúde e condição de vida.

Palavras-chave: Geotecnologia; Modelagem de Inundação; Vulnerabilidade Socioambiental.

Referências

- D'Ávila, E., (2018).
Hu, Y. & Demir, I. (2021).
IBGE, (2023).
Kobiyama, M. et al., (2006).
Polette, M. et al., (2012).
Souza, M. L. de, (2015).
Souza, M. L. de, (2015).
Marengo, José A. et al., (2024).
Momo, M. R. et al., (2016).
Defesa Civil de Itajaí, (2025).
Itajaí, (2023).
Santa Catarina, SIGSC, (2025).