

ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À ENCHENTES E INUNDAÇÕES: o caso da sub-bacia hidrográfica do Riacho Bacuri no município de Imperatriz- MA

Vanessa Trindade da Silva¹
Thaís Chaves da Silva²
Aichely Rodrigues da Silva³

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica enquanto área preferencial para ao planejamento, possibilita o entendimento da dinâmica natural daquele espaço em toda sua complexidade, com sistema natural bem definido que permite o planejamento prospectivo frente aos riscos naturais (Dickel; Godoy, 2016). No município de Imperatriz as inundações e enchentes são sazonais e atingem as áreas centrais e as periféricas da cidade como nos bairros pertencentes a sub-bacia do Riacho Bacuri.

Os frequentes episódios de alagamentos e inundações registrados em Imperatriz nos últimos anos ressaltam a relevância do estudo, haja vista os transtornos e perdas sofridos pela população atingida por esses impactos socioambientais recorrentes. A pesquisa busca compreender os episódios de enchente e inundações na sub-bacia do Riacho Bacuri, dado que nesta localidade a população ribeirinha periférica é que mais sofre com as perdas econômicas e com as doenças relacionadas à falta de saneamento ambiental provocado pelo racismo ambiental (Jesus, 2020). Na sub-bacia do Bacuri é visível o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento e alteração na paisagem ribeirinha, fato que contribui para a proliferação de doenças de veiculação hídrica nessa região (Silva, 2023).

A pesquisa tem como objetivos mapear as áreas de enchentes e inundações na sub-bacia do Riacho Bacuri, no município de Imperatriz-MA. Para entender os processos de enchentes e inundações na sub-bacia do Riacho Bacuri é importante identificar as características hidrológicas e geomorfológica, isto é, as propriedades meteorológicas e topo-hidrológicas. Para isso, será utilizado o modelo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), conforme e Cuartas *et al.* (2012) e Rahmati *et al.* (2018). Esse modelo analisa as distribuições espaciais dos parâmetros hidrológicos relacionados à topografia, ao solo

¹ Graduando do Curso de **Geografia** da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão -MA, vanessa03st@gmail.com;

² Graduando do Curso de **Geografia** da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-MA, thais.chaves@uemasul.edu.br;

³ Professora orientadora: Doutora em **Geografia** - Professora adjunta da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-MA, aichely.rodrigues@uemasul.edu.br;

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O município de Imperatriz, no Maranhão, é o segundo maior do estado, com 273.110 habitantes estimados e densidade demográfica de 199,49 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). O município é banhado pelo rio Tocantins, no Médio Tocantins, pertencente à bacia Araguaia-Tocantins. O Riacho Bacuri, afluente da margem direita do Rio Tocantins, possui cerca de 24,9 km². Esse curso d'água percorre diversos bairros, os quais são considerados os mais povoados do município.

Além disso, foram utilizados dados meteorológicos no período temporal de 2013 a 2023, a saber: precipitação, temperatura, umidade do ar da série histórica do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Com os dados meteorológicos foram elaborados climogramas do período analisado com dados de precipitação, temperatura da estação código A225, coordenadas (Latitude: -5.55583333 e Longitude: -47.45972222).

Para o mapeamento das áreas suscetíveis às inundações na sub-bacia do Riacho Bacuri foi utilizado o *Height Above the Nearest Drainage (Hand Model)*. O *Hand Model* foi desenvolvido por Nobre *et al.* (2011) que tem como função o mapeamento preditivo de risco hidrológico e indicar as zonas de risco de inundação. O modelo é gratuito, disponível no site (<http://handmodel.ccst.inpe.br/>). Esse modelo usa como base a topografia com auxílio do *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* e do modelo digital de elevação (MDE), disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) no link: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

REFERENCIAL TEÓRICO

A ocupação e formação territorial do município de Imperatriz se deu através de alguns ciclos como: o ciclo do arroz, ciclo da madeira e o ciclo do ouro. Todavia, seu processo de urbanização se intensificou a partir da década de 1960 com a construção da BR-010. Com isso, a partir desse período, acompanhando o aumento populacional também se intensifica o processo de expansão do setor terciário com a oferta de bens e serviços (Silva *et al.*, 2023).

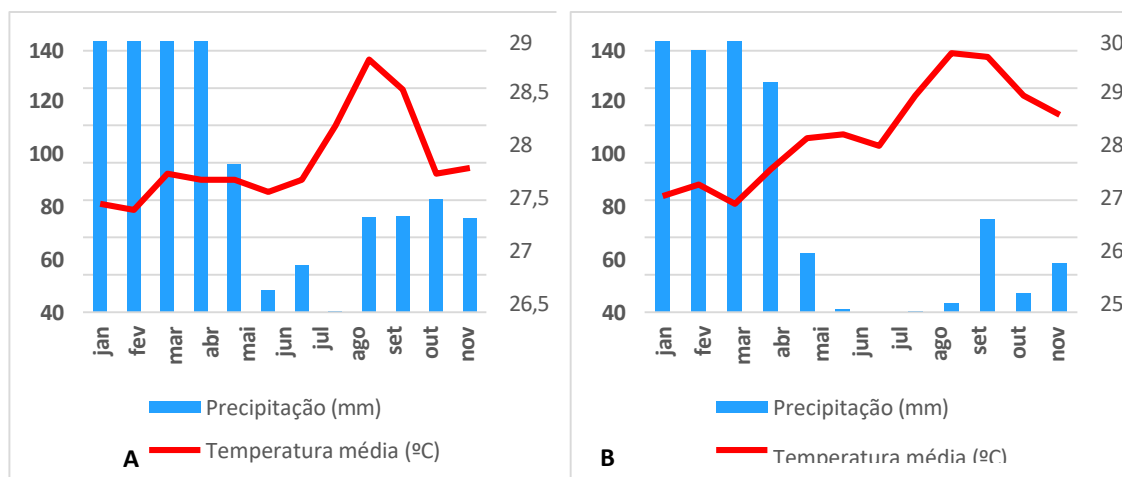
Embora os dados acima apresentem uma ênfase na evolução e melhora da cidade de Imperatriz, existem alguns quesitos no qual a cidade ainda não progrediu de forma eficiente, como saneamento básico. O investimento total em saneamento básico na cidade de Imperatriz no ano de 2022 foi de 12,37 investimentos *per capita*. A população sem coleta de esgoto corresponde a 194.783 mil pessoas, equivalente a 71,3% da parcela da

população sem coleta de esgoto. Além disso, o esgoto tratado em relação a água consumida é de apenas 38,0%. Neste contexto, houve também 236 internações totais por doenças de veiculação hídrica, onde a contaminação da água afeta de maneira proporcional a vida da sociedade (Instituto Trata Brasil, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa constatou-se redução da precipitação no ano de 2023 quando comparado a 2013, nos meses de julho a novembro (Figura 1). O aumento das áreas impermeáveis nas margens dos corpos hídricos e o uso de solo desordenados são dois fatores que contribuem para a redução das precipitações (Carvalho, Brumatti, Dias, 2012). O Riacho Bacuri está localizado na área urbanizada com mais de 75% da área coberta pela mancha urbana (Silva, 2022). Dentre os fatores pode-se destacar para a redução das precipitações pode-se citar o aumento das áreas de impermeáveis nas margens dos corpos hídricos, e o uso do solo e ocupação desordenada (Carvalho, Brumatti, Dias, 2012). É nesse contexto que se encontra o Riacho Bacuri, que possui todo seu percurso no meio urbano e não apresenta as matas ciliares, tornando esse curso d'água quase que inteiramente afetado pela dinâmica urbana de uma cidade de médio porte.

Figura 1- Climograma da cidade de Imperatriz- MA nos anos de 2013(A) e 2023 (B), conforme dados do INMET, estação A225



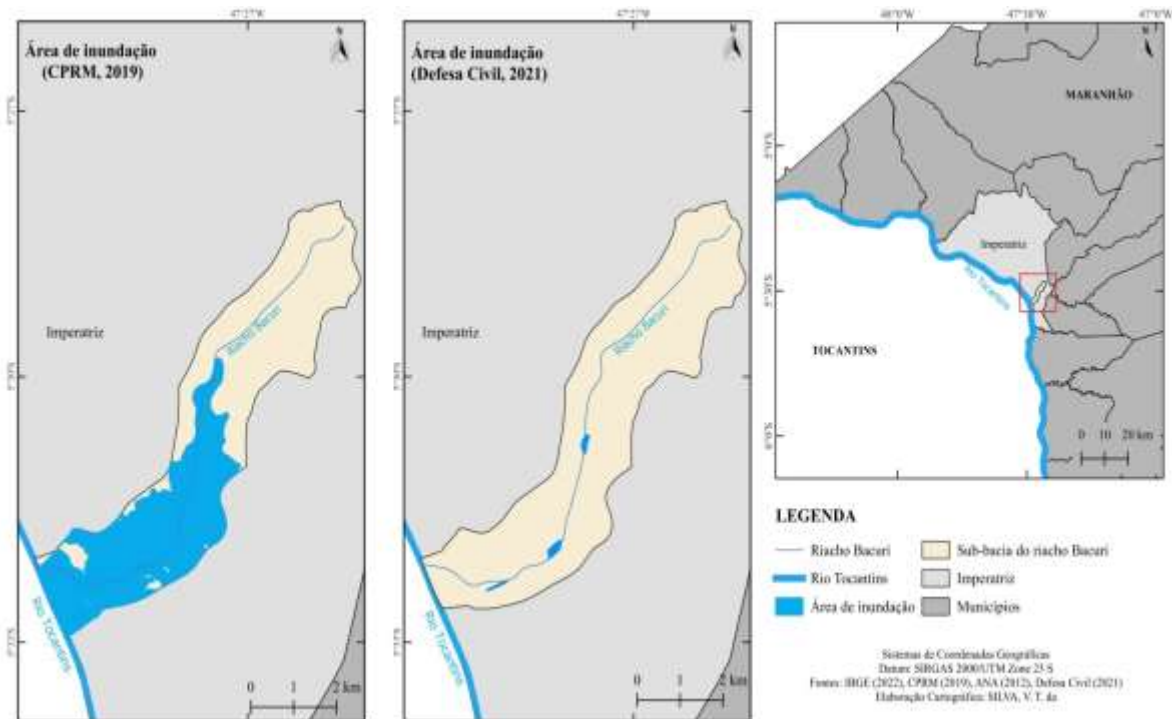
Fonte: As Autoras (2024).

A delimitação das áreas de alagamento demarcados pela Defesa Civil e a CPRM estão na figura 2. O riacho Bacuri atravessa total de 18 bairros, mas apenas três deles são os mais afetados pelas inundações, conforme a Defesa Civil. Esse órgão, para minimizar

a problemática sugere a remoção de entulhos, resíduos sólidos e de vegetação invasora do leito do curso d'água. Em contraste, a CPRM destaca uma grande área de inundação na no Riacho Bacuri, e a mesma sugere que para evitar perdas materiais no período chuvoso nessas áreas a intervenção eficaz seria a remoção dessas famílias residentes próximas dos corpos hídricos da cidade de Imperatriz.

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2019) destacou as moradias instaladas sobre a planície de inundação do Rio Tocantins e demais riachos que cortam a cidade, em especial, na sub-bacia do Riacho Bacuri onde refletem o grande problema de inundação, que a cabível solução se encontra na retirada das famílias residentes as margens e, conseqüentemente a aniquilação das moradias.

Figura 2 - Áreas de inundações na sub-bacia do Riacho Bacuri, segundo o CPRM e Defesa Civil de Imperatriz- MA

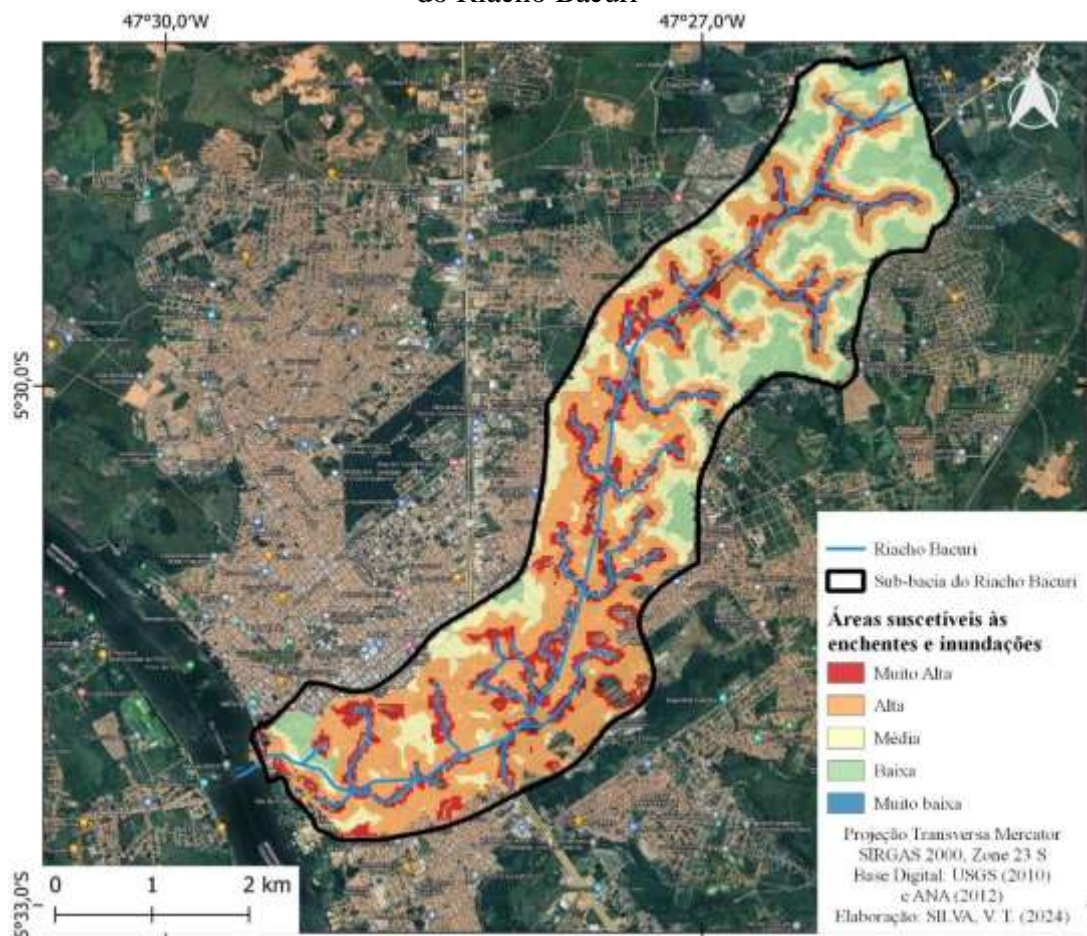


Fonte: As Autoras (2024).

As pessoas que vivem perto dos corpos hídricos são as que mais sofrem com estes eventos. Como mostra a Figura 3, quanto mais próximo você está do riacho, maior é a probabilidade de enchentes e inundações. As classificações de suscetibilidade muito alta, alta e média a inundações também são mais comuns nas áreas com baixa declividade. Esse padrão pode indicar que há uma relação entre a vulnerabilidade às inundações e a ocupação urbana em planícies e várzeas próximas aos rios.

Na pesquisa de Melo Junior *et al.* (2023), nessa sub-bacia, a partir de precipitação máxima com 100 anos de tempo de retorno, e do coeficiente de escoamento superficial ($C = 0,54$), em função do uso e da ocupação do solo, a vazão de entrada foi de $77,4 \text{ m}^3/\text{s}$, e de saída ($26,1 \text{ m}^3/\text{s}$) ao chegar à Rodovia BR-010, o que resulta um volume de inundação de $861.661,77 \text{ m}^3$, ao atingir a cota de inundação em 104,5 m, que embora não alcance a cota máxima da BR-010, causa inundação em áreas residenciais.

Figura 3 – Áreas suscetíveis a enchentes e inundações na sub-bacia hidrográfica do Riacho Bacuri



Fonte: As Autoras (2024).

Na sub-bacia do Bacuri são perceptíveis diversos problemas em relação a urbanização e os efeitos dela, tais como: inundações e falta de saneamento básico. Nessa sub-bacia, além da ocupação do leito fluvial, a suscetibilidade de enchentes está relacionada ao processo de assoreamento do canal fluvial, ocasionando o extravasamento das águas fluviais para além do canal, principalmente no período de maior pluviosidade na região. Os eventos de enchentes e inundações que ocorre na sub-bacia do Bacuri estão relacionados aos efeitos consequentes das ações humanas sobre esse espaço,

representadas pela impermeabilização do solo, pela ocupação desordenada e irregular de residências e pela retirada de vegetação ao longo das margens fluviais. Somasse a esses fatores à baixa variação altimétrica apresentada pelo canal fluvial principal, revelada pelo perfil longitudinal, resultando na geração de situações de risco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados coletados com o modelo *Hand Model*, é importante enfatizar a importância de seu uso neste contexto, pois ele nos permite fazer previsões de eventos de inundação. Pode ser usado para reduzir danos e prejuízos, como um alarme antecedente em algumas circunstâncias de tragédias. É necessário, mais informações sobre a sub-bacia para a aplicação de medidas mitigadoras dos eventos climáticos e antrópicos que afetam especialmente, a população ribeirinha.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Inundação; Sub-bacia do Riacho Bacuri.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Estadual da Região Tocantin do Maranhão – UEMASUL e a FAPEMA pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- Brasil. SGB – Serviço Geológico do Brasil. Prevenção de Desastres. 2012 a. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/desastres/>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista brasileira de agropecuária sustentável**, 2012. Acesso em: 20 ago. 2024.
- CUARTAS, L. A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, A. D.; *et al.* Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: Model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model. **Journal of Hydrology**, v.462–463, p. 15-27, 2012.
- DICKEL, M. E. G.; GODOY, M. B. R. B. Desastres ambientais e impactos socioambientais: inundações no município de Itaóca-SP: Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão de riscos. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 737-759, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2022: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 ago. 2024.

IMPERATRIZ. Defesa Civil. **Relatório anual de ações preventivas contra enchentes**. Imperatriz: Defesa Civil, 2023. Disponível em: <http://www.defesacivilimperatriz.ma.gov.br>. Acesso em: 24 ago. 2024.

JESUS, V. de. Racializando o olhar (sociológico) sobre a saúde ambiental em saneamento da população negra: um continuum colonial chamado racismo ambiental. **Saúde Soc.**, v. 29, n. 2, p. 1-20, 2020.

MELO JUNIOR, A. F. de; TARGA, M. dos S.; CATELANI, C. de S.; LABINAS, A. M. Análise do comportamento do riacho Bacuri por meio da curva cota-volume. **Novos Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, p. 331-352, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewFile/12728/10172>. Acesso em: 27 ago. 2024.

NOBRE, A. D.; SILVEIRA, A.; CUARTAS, L.A. Aspectos físicos e geográficos das áreas ripárias no Brasil: análise preliminar da legislação. **Anais...Ciência para o Código Florestal**. São José dos Campos: Centro de Ciência para o Sistema Terrestre – INPE, 110 p. Relatório Científico. 2011.

RAHMATI, O.; KORNEJADY, A.; SAMADI, M. *et al.* Development of an automated GIS tool for reproducing the HAND terrain model. **Environmental Modelling & Software**, v. 102, p. 1 -12, 2018.

SILVA, A. R. da. Análise da paisagem em um afluente do Rio Tocantins no município de Imperatriz - MA. **Revista Contexto Geográfico**, v. 7, n.15, p.134–146, 2023.