# ANÁLISE ESPACIAL DOS RISCOS E IMPACTOS HIDROLÓGICOS NA REGIÃO NORTE DO BRASIL (1991 -2024)

*Maria Nayara Holanda de Oliveira [1] ; Milena Marília Nogueira de Andrade [2]*

**Palavras-Chave** – Desastres Hidrológicos, Chuvas Intensas, Geoprocessamento.

## INTRODUÇÃO

A Região Norte do Brasil apresenta um cenário de acentuada vulnerabilidade socioambiental frente a episódios hidrológicos extremos, tais como inundações graduais, enxurradas e precipitações de forte intensidade, os quais impactam substancialmente as populações residentes em áreas urbanas e ribeirinhas. Conforme preconizado por Kobiyama *et al.* (2006), a elucidação teórica e a padronização conceitual acerca dos desastres de gênese natural constituem premissas imperativas para a formulação de diretrizes mitigadoras eficientes.

Sob essa ótica, a modelagem e a análise espacial desses riscos revelam-se instrumentos indispensáveis para subsidiar o ordenamento territorial e o planejamento de contingência do Estado. Isso se torna ainda mais crítico diante das projeções de mudanças climáticas globais, as quais intensificam a magnitude e a frequência de eventos pluviais severos, desencadeando processos superficiais de alta dinâmica energética (Michel; Goerl; Kobiyama (2015); Nobre *et al.* (2016).

O presente estudo objetiva mapear e analisar a distribuição espaço-temporal dos riscos associados aos desastres hidrológicos na Amazônia Legal, discriminando suas tipologias, a severidade dos impactos humanos e a mensuração dos prejuízos econômicos correlatos, a partir de dados consolidados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), plataforma destinada ao registro e à disponibilização de informações sistematizadas sobre riscos e desastres no Brasil (BRASIL, 2026).

## METODOLOGIA

O arcabouço metodológico baseou-se no levantamento retrospectivo de dados de registros de desastres inseridos no S2iD, disponível em https://s2id.mi.gov.br/, abrangendo o recorte temporal de 1991 a 2024. O processamento geográfico e a espacialização das variáveis foram executados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), mediante o emprego do *software* livre QGIS (versão 3.34 *Prizren*). Como suporte cartográfico, utilizou-se a malha digital de municípios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), correspondente ao ano de 2025, compatibilizada sob o Sistema de Referência de Coordenadas Geográficas e o Datum SIRGAS 2000 (EPSG:4674).

O procedimento de álgebra de mapas e vetorização permitiu a modelagem das seguintes variáveis geoespaciais:

- Frequência Absoluta: Quantificação das ocorrências de eventos de matriz hidrológica;
- Tipologias de Desastres: Setorização de alagamentos, inundações de planície, chuvas intensas, enxurradas e movimentos de massa deflagrados por saturação hídrica;

1) Afiliação: Universidade federal Rural da Amazônia (UFRA), hollanda.oliveira.maria@gmail.com
2) Afiliação: Universidade federal Rural da Amazônia (UFRA), milenamarilia.andrade@gmail.com

- Danos Humanos e Prejuízos Econômicos: Espacialização quantitativa da população afetada (desalojados, desabrigados) e valoração dos danos patrimoniais públicos e privados;
- Índice de Risco Hidrológico Integrado (IRHI): Matriz multicritério ponderada que sintetiza a vulnerabilidade e a recorrência regional.

O Índice de Risco Hidrológico Integrado (IRHI) adota a Análise Multicritério embasada nas diretrizes de Defesa Civil (CEPED/UFSC, 2013) e da UNDRR (2009). Para viabilizar a álgebra de mapas no QGIS por Combinação Linear Ponderada (MOURA, 2007), as variáveis Frequência de Eventos (FE), Danos Humanos (DH) e Prejuízos Econômicos (PE) foram previamente normalizadas na escala de 0 a 1. Os pesos refletem a priorização da vida humana e recorrência (0,4) sobre as perdas puramente financeiras (0,2), sendo o IRHI calculado pela Equação 1:

$$\mathbf{IRHI = 0,4(FE) + 0,4(DH) + 0,2\ (PE)} \quad (1)$$

Em que FE corresponde à frequência normalizada dos eventos hidrológicos, DH aos danos humanos normalizados e PE aos prejuízos econômicos normalizados. A classificação final dos valores obtidos ocorreu em cinco categorias de risco (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). A análise geoestatística operacionalizou-se por técnicas de sobreposição de camadas (*overlay*) e classificação temática multivariada por Quebras Naturais (Jenks), otimizando a delimitação espacial dos limiares de criticidade e a identificação de *hot-spots* de suscetibilidade territorial.

## RESULTADOS

A integração espacializada dos dados do S2iD (1991–2024) propiciou o diagnóstico situacional da dinâmica sedimentar e hidroclimática que rege os desastres na Região Norte. Evidenciou-se um padrão de distribuição espacial marcadamente heterogêneo, cujo comportamento vincula-se às flutuações sazonais das bacias hidrográficas macroambientais e à atuação de sistemas meteorológicos de grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Alvalá *et al.*, (2019).

A análise de densidade revela que a porção oriental da Amazônia Legal concentra o maior adensamento de registros históricos de sinistros. Conforme espacializado na Figura 1, os municípios inseridos no Estado do Pará e faixas ecotonais limítrofes demonstram patamares críticos categorizados entre Alto e Muito Alto, ratificando uma condição de vulnerabilidade crônica frente a anomalias na precipitação acumulada.

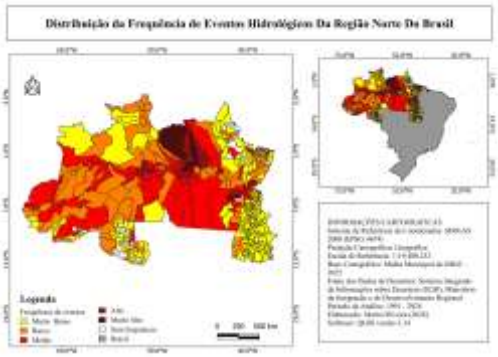


*Figura 1. Distribuição da Frequência de Eventos Hidrológicos na Região Norte do Brasil. Fonte: autoria própria.*

No tocante à categorização qualitativa (Figura 2), verifica-se a ocorrência de inundações graduais associadas às grandes calhas de drenagem e de enxurradas de resposta rápida, estas últimas relacionadas principalmente a bacias de menor escala e a áreas de drenagem mais restritas, embora os registros dessas ocorrências estejam espacialmente associados a municípios inseridos em bacias hidrológicas de grande extensão territorial. Em contrapartida, os eventos de chuvas intensas e alagamentos pontuais configuram-se como os principais vetores indutores de criticidade de curto prazo nos aglomerados predominantemente urbanos e nos eixos de infraestrutura rodoviária, onde os sistemas de macro e microdrenagem mostram-se obsoletos ou deficitários.

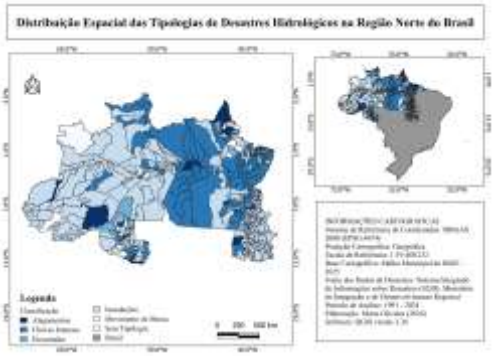



*Figura 2. Distribuição Espacial das Tipologias de Desastres Hidrológicos na Região Norte do Brasil. Fonte: autoria própria.*

A recorrência dos fenômenos ao longo do período analisado repercute diretamente nos indicadores demográficos de vulnerabilidade social. Como atestado na Figura 3, a configuração espacial dos danos humanos (contingente de indivíduos desalojados, desabrigados e diretamente afetados) guarda relação com o traçado das principais redes fluviais navegáveis e com os polos de maior adensamento populacional da região, imputando elevados níveis de sinistralidade à maior parte dos municípios do território paraense.

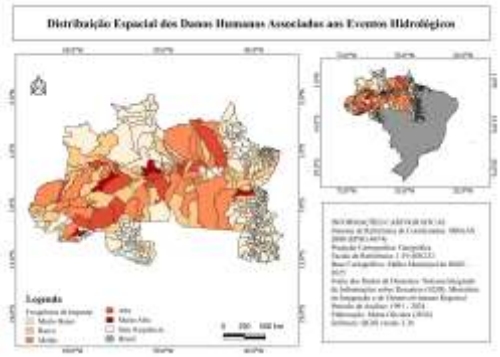



*Figura 3. Distribuição Espacial dos Danos Humanos Associados aos Eventos Hidrológicos. Fonte: autoria própria.*

Concomitantemente à desestruturação civil, o setor produtivo regional suporta perdas macroeconômicas sistemáticas. A distribuição espacial dos prejuízos financeiros públicos e privados (Figura 4) expõe que as classes de criticidade Alta convergem precisamente para os eixos de expansão da fronteira agropecuária e comercial. Nestes locais, a supressão de infraestruturas logísticas (pontes,

vicinais e rodovias) intercepta os fluxos de escoamento de commodities e mercadorias, gerando severos reflexos fiscais e orçamentários nas administrações municipais.

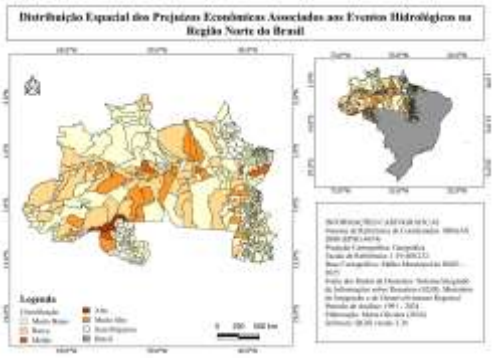



*Figura 4. Distribuição Espacial dos Prejuízos Econômicos Associados aos Eventos Hidrológicos na Região Norte do Brasil. Fonte: autoria própria.*

Como síntese analítico-espacial, o Índice de Risco Hidrológico Integrado apontado na (Figura 5), na consubstância o somatório vetorial de todas as dimensões avaliadas (frequência, tipologia, danos humanos e prejuízos materiais). O arranjo espacial resultante serve como ferramenta de inteligência geográfica e suporte à decisão, expondo de forma indiscutível as sub-regiões prioritárias para a alocação contingencial de recursos e intervenções estruturais de engenharia de mitigação.

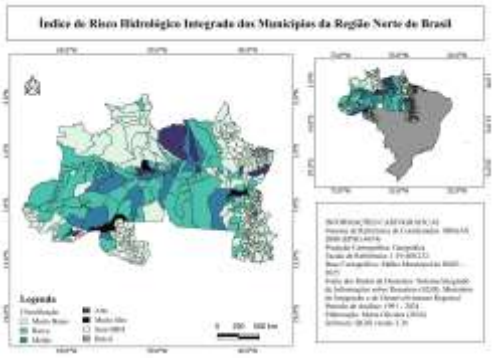



*Figura 5. Índice de Risco Hidrológico Integrado dos Municípios da Região Norte do Brasil. Fonte: autoria própria.*

## CONCLUSÕES

A análise espacial demonstra que os riscos hidrológicos na região norte são resultado da complexa combinação entre fatores de ordem natural (elevados índices pluviométricos e dinâmica intrínseca dos sistemas fluviais) e fatores antrópicos, expressos pela ocupação irregular do solo e pela escassez de infraestrutura de saneamento e drenagem urbana macro e micro. Como evidenciado em publicações consolidadas do Serviço Geológico do Brasil, o mapeamento sistemático constitui o alicerce para mitigar perdas territoriais (CPRM, 2019).

Dessa forma, os mapas temáticos gerados se consolidam como ferramentas de suporte para:

- O planejamento e ordenamento territorial urbano e rural;
- A definição técnica de áreas prioritárias para atuação das Coordenadorias de Defesa Civil;
- O direcionamento e a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação e resiliência frente a desastres.

Como perspectivas futuras, recomenda-se a associação desses dados cartográficos a indicadores socioeconômicos censitários detalhados (como IDH e densidade demográfica por bairro), visando refinar a análise da vulnerabilidade social local nas sub-bacias mais afetadas.

## REFERÊNCIAS

ABATTI, B. H.; ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P. (2020). "Influência de Movimentos de Massa na Conectividade de Sedimentos" in Anais do II Encontro Nacional de Desastres, on-line, 2020, pp. 1-4.

ALVALÁ, R. C. S. et al. (2019). "Mapeamento de vulnerabilidade socioambiental frente aos desastres de origem hidrometeorológica no Brasil". Revista de Gestão de Água da América Latina, v.16, e12.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. (2026). Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2iD. Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/ Acesso em: 18 ago. 2026.

CPRM (2019). Atlas de Desastres Naturais no Brasil. Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro/RJ.

CEPED/UFSC. (2013). Capacitação básica em proteção e defesa civil. CEPED/UFSC, Florianópolis/SC.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. (2006). Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos. Organic Trading, Curitiba/PR, 109 p.

MICHEL, G. P.; GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. (2015). "Critical rainfall to trigger landslides in Cunha River basin, southern Brazil". Natural Hazards, v.75, p.2369-2384.

MOURA, A. C. M. (2007). Geoprocessamento em Planejamento Territorial e Ambiental. Ed. da Autora, Belo Horizonte/MG.

NOBRE, C. A. et al. (2016). "Some characteristics of the recent extreme climate events in Brazil". Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.88, n.1, p.621-633.

UNDRR. (2009). "Terminology on Disaster Risk Reduction". UNISDR, Geneva.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte institucional e ao Grupo Geodesastres - Grupo de pesquisa e extensão em desastres e geotecnologias na Amazônia. À Coordenadora/Orientadora Prof.ª Dr.ª Milena Marília Nogueira de Andrade, pelas valiosas contribuições e direcionamento técnico na condução deste trabalho. À minha família, pelo amor, apoio, incentivo e compreensão ao longo da minha trajetória acadêmica, sendo fundamental para que eu pudesse superar os desafios e alcançar esta conquista. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.