

Artigo de Pesquisa

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NA ZONA URBANA DE ALTAMIRA-PA

MAPPING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO FLOODING IN THE URBAN ZONE OF ALTAMIRA-PA

Anderson Eudoxio Araujo¹, Jorge Fernando Hungria Ferreira², Juliane da Costa Cavalcante², Ana Karina Moreyra²

¹ Universidade do Estado do Pará-UEPA, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT), Programa de Pós-graduação de Mestrado em Ciências Ambientais, Belém, Brasil.
aeudoxioaraujo@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0000-8521-8057>

² Universidade do Estado do Pará-UEPA, Departamento de Engenharia Ambiental, Altamira-PA, Brasil. jorge.fh.ferreira@uepa.br

 <https://orcid.org/0000-0002-6653-4633>

² Universidade do Estado do Pará-UEPA, Departamento de Engenharia Ambiental, Altamira-PA, Brasil. juliane.dc.cavalcante@uepa.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8013-3764>

² Universidade do Estado do Pará-UEPA, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Engenharia Ambiental, Altamira-PA, Brasil. karina.moreyra@uepa.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0588-7419>

Recebido em 08/02/2025 e aceito em 20/06/2025

RESUMO: Devido ao crescimento populacional e ao adensamento demográfico das cidades brasileiras nas últimas décadas, agravaram-se os desafios relacionados à infraestrutura urbana na contenção de casos de inundações e alagamentos diante do desequilíbrio climático. Nesse contexto, surge necessidade de resiliência urbana para melhorar a qualidade de vida da sociedade. O objetivo da pesquisa foi mapear as áreas suscetíveis à inundação na zona urbana do município de Altamira/PA. Para isso, efetuou-se um levantamento bibliográfico e documental, obtendo o histórico de inundações da área de estudo e dados de imagem de satélite, com resolução espacial de 30 m, oriundas do *Copernicus*. Estes serviram para a elaboração do *HAND Model (Height Above the Nearest Drainage Model)*/Modelo de Altura Acima da Drenagem Mais Próxima), utilizado na composição de mapas de suscetibilidade à inundação, por meio dos softwares *HAND Model* e *QGIS*. Os mapas revelam que os bairros mais afetados foram o Alberto Soares, Nova Altamira, Ibiza, Mutirão e Jardim Independente II, seguidos do Boa Esperança, Sudan II, Jardim Independente I, Aparecida, Bela Vista, Colinas, Centro, Liberdade, Sudan I, Jardim Altamira, Premem, Brasília, Esplanada do Xingu e Jardim Uirapuru, os quais necessitam de maior atenção pelo poder público para prevenir e controlar as inundações e alagamentos. Destaca-se na pesquisa o grau de informação obtido pelo mapeamento de suscetibilidade à inundação e seu uso relevante para o planejamento urbano, possibilitando a implementação, pelo poder público, de projetos e ações para mitigar as inundações e alagamentos, tornando as cidades mais resilientes às questões climáticas, interferindo no tráfego urbano, segurança habitacional, economia, saúde e qualidade de vida.

Palavras-chave: Águas pluviais urbanas; Cidades resilientes; Expansão urbana; Desastres ambientais.

ABSTRACT: Due to the high demographic growth that has affected Brazil in recent decades, major challenges have emerged related to the urban infrastructure of cities. Environmental disasters such as floods have become more common, which are aggravated by climate imbalance, creating the need for urban resilience to improve society's quality of life. The objective of the research was to map the areas susceptible to flooding in the urban zone of the municipality of Altamira/PA. To this end, a bibliographic and documentary survey was carried out, obtaining the history of floods in the study area and satellite image data, with a spatial resolution of 30 m, from Copernicus. These were used to develop the HAND Model (Height Above the Nearest Drainage Model), used to compose flood susceptibility maps using the HAND Model and QGIS software. The maps reveal that the most affected neighborhoods were Alberto Soares, Nova Altamira, Ibiza, Mutirão and Jardim Independente II, followed by Boa Esperança, Sudan II, Jardim Independente I, Aparecida, Bela Vista, Colinas, Centro, Liberdade, Sudan I, Jardim Altamira, Premem, Brasília, Esplanada do Xingu and Jardim Uirapuru. Greater attention is needed by the government to prevent and control floods. The research highlights the level of information obtained by mapping flood susceptibility and its relevant use for urban planning, enabling the implementation, by public authorities, of projects and actions to mitigate floods, making cities more resilient to climate issues, interfering in urban traffic, housing security, economy, health and quality of life.

Keywords: Urban stormwater; Resilient cities; Urban expansion; Environmental disasters.

INTRODUÇÃO

Desastres naturais como terremotos, inundações, alagamentos, enxurradas, erupções vulcânicas, deslizamentos de terra, tsunamis e secas são eventos catastróficos que ocasionam diversas consequências na saúde, nas condições sociais e econômicas de países em desenvolvimento (LIU *et al.*, 2024).

Sob influência do aquecimento global, as mudanças climáticas impactam o uso do solo, afetando as condições ambientais, especialmente em áreas urbanas. As consequências são o aumento de inundações, deslizamentos de terra, secas, tempestades, elevação do nível do mar e outros desastres naturais que, aliados ao aumento da urbanização, tornam a ameaça de inundações urbanas cada vez mais presente (ATAÇ; HARTMAN 2022, ZENG; HUANG; CHEN, 2025). É estimado que, entre os anos de 2016 e 2035, os impactos das alterações climáticas, associados a urbanização, sejam responsáveis pelo equivalente a prejuízo de US\$ 597 bilhões na economia global (LI *et al.*, 2024).

A expansão urbana desordenada é um dos principais agravantes das mudanças climáticas, pois provoca a impermeabilização do solo dos centros urbanos, intensificando o escoamento superficial das bacias de drenagem e aumentando a frequência de inundações (SILVA; RODRIGUES; FERNANDES, 2024).

O conceito de suscetibilidade tem sido empregado para a compreensão das inundações em ambientes urbanos. Ele está atrelado ao grau de estabilidade que uma área tem da ocorrência de um fenômeno ambiental. Logo, a suscetibilidade também se aplica às variadas formas e intensidades que um impacto ambiental acarreta fenômenos, como as inundações (BRITO *et al.*, 2025).

Segundo Silveira *et al.* (2020), a inundação é definida por um transbordamento da água na calha normal dos mares, rios, lagoas, açudes; e o alagamento é o acúmulo

da água decorrente de falhas nos sistemas de drenagem, em áreas que normalmente não ficam submersas. Além disso, há outras concepções sobre o termo inundação, que evoluiu ao decorrer dos anos, sendo que, para este estudo será adotado como inundação o acúmulo temporário da água em áreas secas (episodicamente ou periodicamente), englobando os alagamentos e transbordamentos na zona urbana (MACHADO; ALBINO, 2023; MARINHO; GÓES; BAITZ, 2021).

Entre 2000 e 2019, o Brasil foi o país mais afetado da América Latina por esse tipo de desastre, atingindo cerca de 70 milhões de habitantes (QUEIROGA *et al.*, 2023). Somente na região Norte, existem 3.021 trechos inundáveis, dos quais 1.088 estão no estado do Pará e 144 são considerados de elevada vulnerabilidade (SOARES; SIQUEIRA, 2024).

Em nota técnica, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec), do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), publicou uma lista com 1.942 municípios classificados como de maior suscetibilidade a deslizamentos, enxurradas e inundações, os quais devem ter prioridade nas ações da União voltadas à gestão de desastres naturais e riscos. O município de Altamira-PA é citado com 13.129 habitantes em áreas mapeadas de risco geohidrológico nas três categorias avaliadas (BRASIL, 2024a).

Diferente dos grandes centros urbanos, cidades de menor porte, como Altamira, possuem maior potencial para prevenir e mitigar os impactos da expansão urbana desordenada associada ao desequilíbrio climático. Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o geoprocessamento, o sensoriamento remoto e a modelagem computacional têm sido utilizados para a identificação de áreas de suscetibilidade a inundações, mostrando-se ferramentas essenciais no apoio à gestão urbana e à implantação de iniciativas preventivas em regiões vulneráveis a deslizamentos, enxurradas e inundações (GUIMARÃES *et al.*, 2023).

Diante deste cenário e dos avanços nas geotecnologias, a pesquisa teve por objetivo mapear as manchas de suscetibilidade à inundação e alagamento na área urbana do município de Altamira, utilizando a ferramenta de simulação hidrológica *HAND Model* gerando informações tecnicamente fundamentadas para identificar áreas de risco e planejar ações voltadas ao manejo das águas pluviais, à prevenção de desastres naturais e à proteção de vidas e propriedades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa possui natureza aplicada, com o objetivo de ampliar o conhecimento científico, e adota uma abordagem quantitativa, buscando classificar as áreas suscetíveis à inundação na área urbana da sede do município de Altamira-PA.

A tecnologia utilizada para o mapemanto das áreas de suscetibilidade à inundação foi o *HAND Model*, proposto por Nobre *et al.* (2011), que apresenta precisão entre 86% e 98%. Originalmente desenvolvido por Rennó *et al.* (2008) como um algoritmo topográfico quantitativo voltado ao mapeamento de ambientes de floresta tropical de terra firme na Amazônia, o modelo *HAND* teve sua aplicação expandida nos últimos anos para a previsão de inundações.

Dentre suas vantagens, destaca-se a simplicidade na implementação, uma vez que utiliza apenas o *Digital Elevation Model*-DEM (Modelo Digital de Elevação) como dado de entrada (HU; DEMIR, 2021).

ÁREA DE ESTUDO

O Município de Altamira-PA, localizado no Estado do Pará, pertencente à Mesorregião Sudoeste Paraense, possuindo área de 159.533,306 km² e população estimada para 2024 de 136.982 habitantes (Figura 1) (IBGE, 2025).

Sua hidrografia é composta pelo rio Xingu, além de cachoeiras, praias de água doce, ilhotas, igarapés e serras. O clima predominante é do tipo 'Am' e 'Aw', segundo aclassificação Köppen, com temperatura média anual de aproximadamente 26°C. A vegetação predominante é a floresta equatorial latifoliada de terra firme (SILVA *et al.*, 2020).

Na sede municipal, o uso do solo abrange áreas de formação florestal, formação natural não florestal, solo exposto, culturas agrícolas anuais e perenes, infraestrutura urbana e corpos d'água (SILVA *et al.*, 2020).

Os solos da sede de Altamira são predominantemente classificados como Latossolo Amarelo Distrófico e Nitossolo Vermelho Eutrófico (AGUIAR, 2022). A litologia da região é composta por unidades (Dm1–Dm2–Du), correspondentes a folhelhos, siltitos e arenitos do Devoniano superior; (J) diabásios do período Triássico-Jurássico (Formação Panatecua); e (K) Formação Alter do Chão, composta por arenitos e conglomerados (SAWAKUCHI *et al.*, 2015).

O relevo é caracterizado pela presença da Planície Amazônica (altitudes entre 0 e 5 metros) e dos Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas (altitudes entre 400 e 850 metros) (FURTADO; PONTE, 2013; DANTAS; TEIXEIRA, 2013).

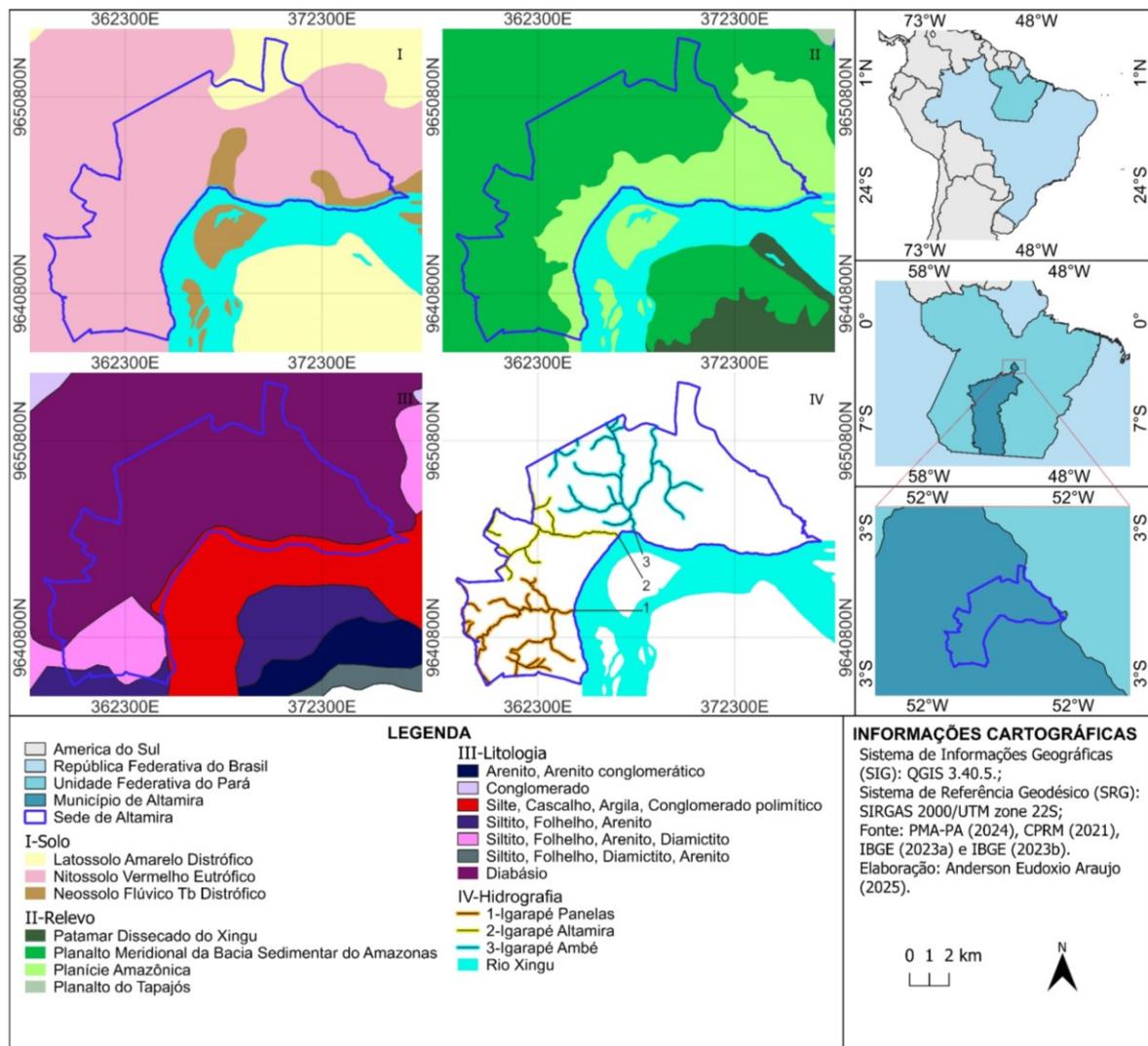


Figura 1. Mapa de localização e caracterização da área de estudo. **Fonte:** Autores (2024)

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foi realizado um levantamento de artigos científicos com a utilização de descritores como *HAND Model*, suscetibilidade de inundação, uso do solo, enchentes, desastre ambiental, expansão urbana, *environmental disaster, flood, land use, hydrography* e *urban expansion* na plataforma do Google Acadêmico e nas bases de dados científicos ScienceDirect, Nature, SpringerLink e Lopscience. O objetivo foi subsidiar a análise, discussão e validação dos resultados obtidos por meio dos mapas gerados.

Diante da escassez de pesquisas preliminares sobre o histórico de inundações na área de estudo e da necessidade de validar a aplicação do *HAND Model*, também foram coletadas informações em sites de notícias nacionais, regionais e locais como o Gazeta do Povo, R7, G1 PA, Confirma Notícia, Vale do Xingu, Xingu230 e Bom Dia Pará.

As informações obtidas foram posteriormente triadas e organizadas em tabelas, considerando critérios como data de ocorrência ou publicação, cota de inundação, bairro, via pública e pontos de referência afetados.

LEVANTAMENTO DOCUMENTAL

Para a realização do *HAND Model*, o único dado de entrada no *software* é a imagem de satélite com informações altimétricas, conhecida como Modelo Digital de Elevação (DEM), que fornece uma representação virtual da paisagem terrestre. Esse modelo pode ser obtido por meio de sensores instalados em satélites, aeronaves, lasers e radares, permitindo a extração de informações como redes de drenagem, bacias hidrográficas e declividades (MILANESI; QUADROS; LAHM, 2017).

O DEM utilizado foi obtido na plataforma do *Copernicus Browser*, com data de 27 de abril de 2011 e resolução espacial de 30 m, sendo proveniente do programa de observação da Terra da União Europeia (FRANKS; RENGARAJAN, 2023).

Os arquivos vetoriais (formato shapefile) da área urbana de Altamira, utilizados na elaboração dos mapas, foram obtidas a partir de diferentes fontes: a) a rede viária foi extraída do *plugin Open Street Map-OSM* disponível no *software* QGIS (QGIS, 2025); b) os dados de hidrografia, compostos por massas de água, rios duplos e rios simples, foram obtido junto à Fundação Brasileira para Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2021); e c) a base cartográfica municipal foi fornecido pela Prefeitura Municipal de Altamira-PA (PMA-PA, 2024a).

REALIZAÇÃO DO HAND MODEL

Para elaboração do mapa de suscetibilidade à inundação, foram utilizados dois softwares abertos e gratuitos: QGIS e *HAND Model*. Segundo Pinheiro (2024), o *HAND Model* foi desenvolvido na linguagem C++ e incorpora processamentos prévios para o DEM, possibilitando o mapeamento hidrológico do terreno, inclusive de áreas suscetíveis à inundação, por meio da altura relativa local (em vez do nível do mar) para classificá-las de acordo com a saturação de água no solo.

Inicialmente, o DEM da área de estudo foi preparado no QGIS para ser compatível com o *HAND Model*. Para isso, as coordenadas da imagem foram reprojetadas do WGS 84/UTM zone 22S para o sistema de referência oficial de atividades cartográficas no Brasil, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (MILANESI; QUADROS; LAHM, 2017).

Após o DEM ser reprojetado e salvo, a imagem foi inserida no *HAND Model* utilizando a ferramenta “Dem2Hand”, que executa 5 etapas da elaboração do HAND em apenas um processo, agilizando o método empregado. Essa ferramenta requer a determinação do limiar (ou *threshold* em inglês), que se trata do único parâmetro ajustável na realização do HAND. O limiar representa a densidade mínima dos pixels do fluxo acumulado para formar a drenagem.

Quanto maior o valor do limiar, menor a grade que compõe a drenagem (menos densa é a rede de drenagem), o que influencia no nível de detalhes. Logo, esse parâmetro

não pode ser determinado de forma aleatório. Assim, o limiar foi definido por tentativa e erro procurando chegar o mais próximo possível da rede de drenagem real.

Os limiares testados foram de 100, 500 e 1000 pixels. Para efeito de validação, cada drenagem foi comparada no QGIS com as delimitações das massas de água, rios duplos e rios simples fornecidos pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) por apresentarem maior precisão na representação da rede hidrográfica da área de estudo. Como resultado, o limiar de 1.000 pixels foi considerado o mais adequado, por gerar a rede mais compatível com a realidade local (Figura 2).

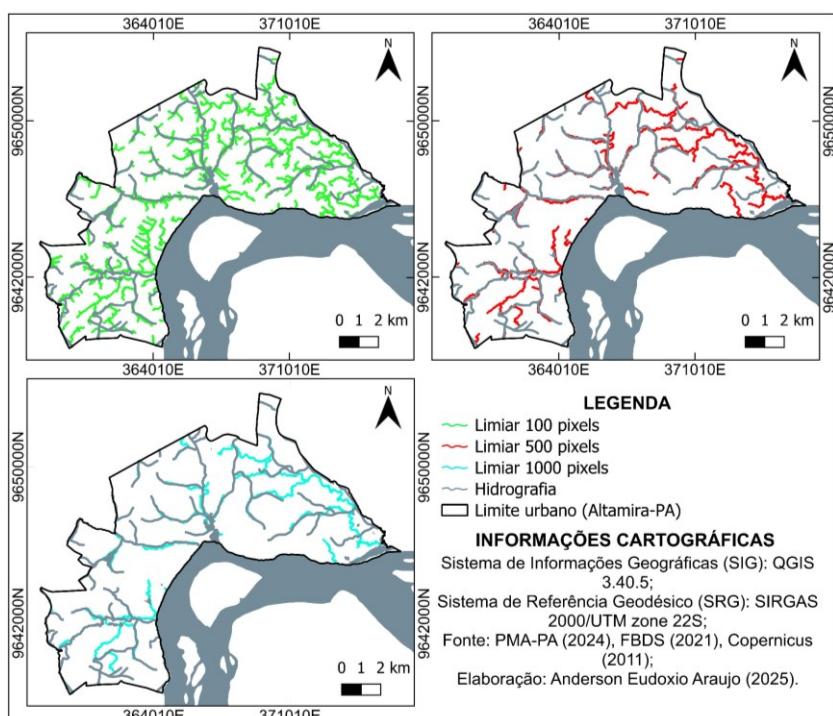


Figura 2. Teste dos limiares para definição da drenagem. **Fonte:** Autores (2025)

Foram gerados, pela ferramenta o DEMC (*Digital Elevation Model Correction*/Correção do Modelo Digital de Elevação), o LDD (*Lightly Doped Drain*/Direções de Fluxo de Drenagem), o ACC (*Accumulated Flow*/Fluxo Acumulado), o DREN (*Drainage*/Drenagem) e o HAND (Figura 3).

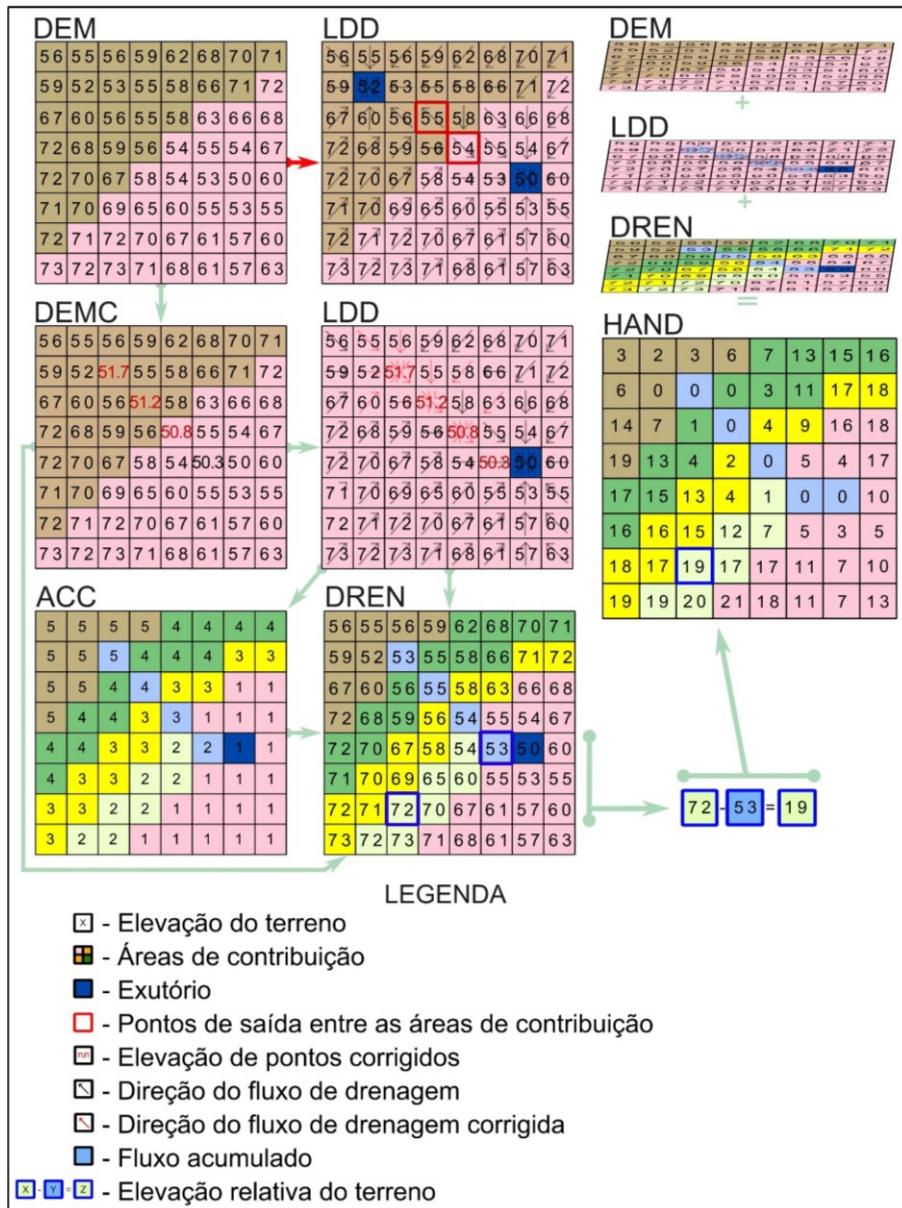


Figura 3. Processos da elaboração do HAND Model. **Fonte:** Adaptado de Rennó *et al.* (2008)

A LDD é definida por meio dos pontos mais baixos do DEM, considerado os oito vizinhos de cada ponto chegando à delinearção do exutório por meio do método *Deterministic Eight-Neighbor* (D8). Caso o DEM apresente depressões incoerentes (por causas naturais ou ruídos na obtenção dos dados) que afetem o fluxo de drenagem, a sua direção estará incorreta. Deste modo, é imprescindível a realização da DEMC, que remove tais depressões gerando maior acurácia. Posteriormente é concebido o ACC, onde a LDD é utilizada para construir caminhos que contribuem na formação da DREN propriamente dita (CLAUDINO *et al.*, 2022).

Por fim, é adquirido uma topologia HAND em tons de cinza. Nesse momento, o modelo recebe um valor altimétrico topograficamente referenciado na rede de drenagem. Com o HAND finalizado, ele foi discriminado em 5 classes com distintas cores no QGIS. As

classes foram elaboradas seguindo o procedimento dos estudos de Queiroga *et al.* (2023).

Assim, foram utilizadas 5 classes de suscetibilidade à inundaçāo, distribuídas em "muito baixa", "baixa", "média", "alta" e "muito alta". Onde, cada classe representa a sucessibilidade que uma área tem para a ocorrência de inundaçāo, definida por meio de cotas que afetam a modelagem computacional. Variando de $0 \leq 1$ m: para muito baixa, $1 \leq 2$ m: baixa, $2 \leq 3$ m: média, $3 \leq 4$ m: alta e $4 \leq 5$ m: muito alta.

Para validar os resultados, as classes das áreas de suscetibilidade foram confrontadas com informações complementares sobre o histórico de eventos de inundaçāo no perímetro urbano da sede do município de Altamira-PA. Esse levantamento considerou as características das vias, bairros, áreas de referências que corriqueiramente são mais afetados durante o período de chuvas, bem como as cotas de inundações que foram o principal elemento avaliado.

Em razāo do elevado processo de expansão urbana em Altamira aps a implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHBM), houve várias mudanças e reestruturações na cidade, algumas relacionadas à criação, dissolução e expansão do perímetro de bairros e alterações de malha viária. Por isso, algumas vias, bairros e áreas de referências que sofreram inundações foram renomeados para as suas denominações atuais.

Foi feita a comparação entre informações disponíveis no software de mapas online Google Earth Pro (2024); delimitações dos bairros presentes em dados do IBGE (2010), a base cartográfica municipal disponibilizada pela PMA-PA (2024a); e as observações realizadas por Carvalho, Conceiçāo e Amaral (2019), Estronioli e Miranda Neto (2022), e Soares (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A suscetibilidade à inundaçāo de Altamira foi classificada em cinco categorias: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa (Figura 4). As classes muito alta, alta e média abrangem áreas significativamente maiores do que as categorias baixa e muito baixa. Essa predominância pode ser explicada pela extensa área de estudo, que torna a visualização das diferentes classificações menos detalhadas.

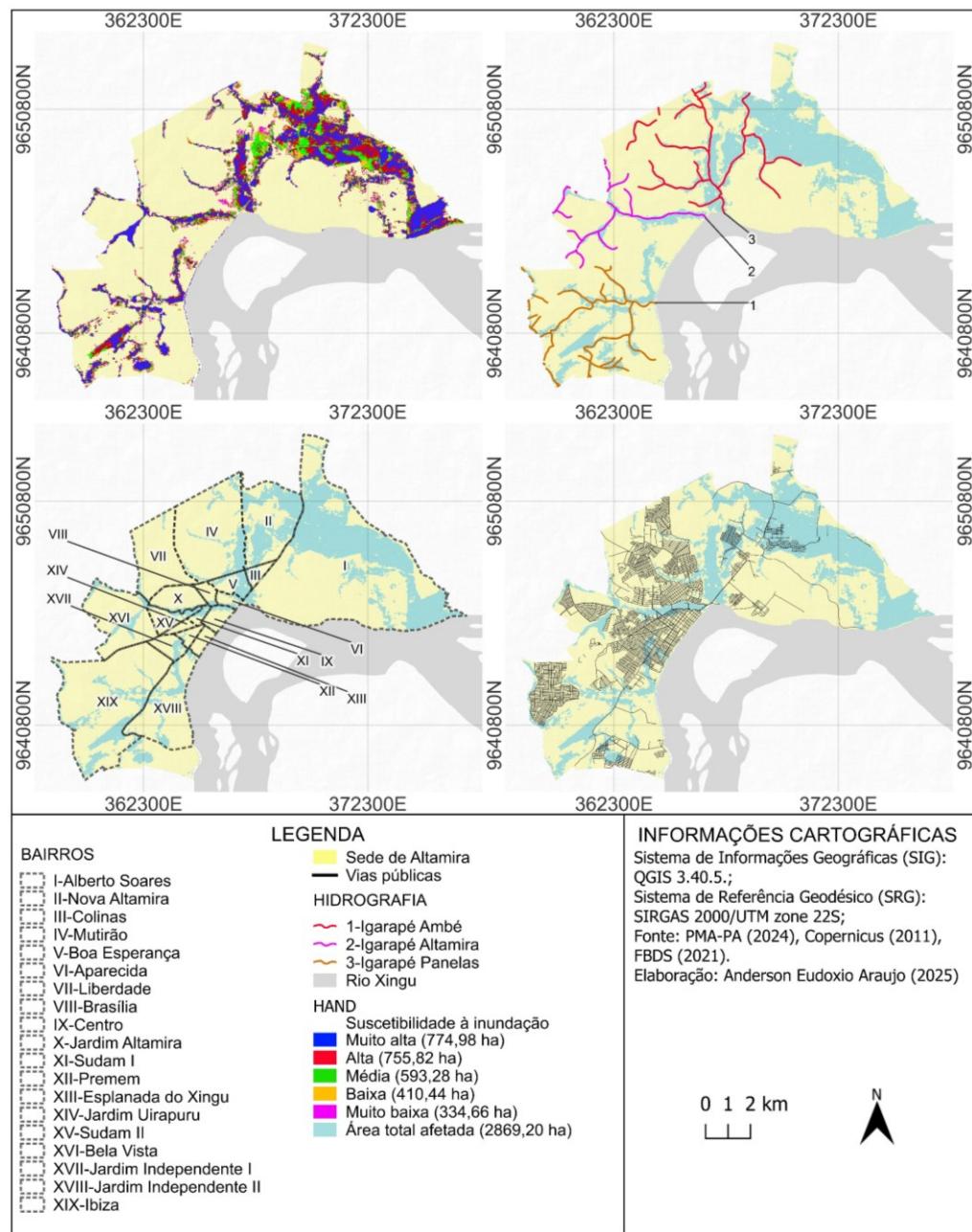


Figura 4. Classificação de suscetibilidade de inundação na sede Altamira-PA. **Fonte:** Autores (2025)

Todos os 19 bairros de Altamira possuem regiões afetadas por alguma classificação de suscetibilidade, sendo os com maior área afetada: Alberto Soares (1.605,75 ha), Nova Altamira (486,85 ha), Ibiza (366,73 ha), Mutirão (212,16 ha) e Jardim Independente II (179,80 ha) (Tabela 1). Observa-se também que, embora o Alberto Soares se destaque dentre os demais, não concentra tantas vias públicas, apontando pouca extensão territorial habitada.

Tabela 1. Áreas dos bairros afetadas por suscetibilidade à inundaçāo

Bairro	Suscetibilidade à inundaçāo (ha/%)					
	Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa	Total
Alberto Soares	650,34 ha 17,55%	415,60 ha 11,22%	286,36 ha 7,73%	155,04 ha 4,18%	98,39 ha 2,66%	1.605,75 ha 43,34%
Nova Altamira	123,06 ha 15,59%	105,13 ha 13,32%	119,84 ha 15,18%	84,73 ha 10,73%	54,08 ha 6,85%	486,85 ha 61,67%
Ibiza	144,89 ha 8,07%	73,15 ha 4,07%	55,79 ha 3,11%	45,83 ha 2,55%	47,06 ha 2,62%	366,73 ha 20,41%
Mutirāo	77,90 ha 6,67%	45,64 ha 3,91%	29,51 ha 2,53%	28,37 ha 2,43%	30,74 ha 2,63%	212,16 ha 18,16%
Jardin Independente II	84,73 ha 11,57%	28,08 ha 3,83%	19,35 ha 2,64%	21,16 ha 2,89%	26,47 ha 3,61%	179,80 ha 24,55%
Boa Esperança	41,94 ha 29,12%	18,97 ha 13,18%	15,18 ha 10,54%	10,91 ha 7,58%	10,72 ha 7,44%	97,73 ha 67,86%
Sudan II	21,06 ha 14,36%	8,82 ha 6,02%	6,83 ha 4,66%	5,97 ha 4,08%	5,02 ha 3,43%	47,72 ha 32,54%
Jardin Independente I	12,62 ha 10,00%	6,73 ha 5,34%	7,49 ha 5,94%	6,35 ha 5,04%	3,79 ha 3,01%	37,00 ha 29,32%
Aparecida	1,04 ha 1,66%	4,55 ha 7,22%	7,21 ha 11,44%	7,59 ha 12,04%	10,91 ha 17,31%	31,31 ha 49,67%
Bela Vista	1,04 ha 0,16%	4,55 ha 0,68%	7,21 ha 1,07%	7,59 ha 1,13%	10,91 ha 1,62%	31,31 ha 4,65%
Colinas	12,71 ha 17,47%	5,78 ha 7,95%	4,46 ha 6,13%	4,08 ha 5,61%	3,03 ha 4,17%	30,07 ha 41,34%
Centro	8,16 ha 7,66%	4,64 ha 4,36%	4,46 ha 4,19%	4,74 ha 4,45%	5,21 ha 4,90%	27,23 ha 25,56%
Liberdade	9,86 ha 1,52%	3,60 ha 0,55%	3,41 ha 0,52%	4,08 ha 0,63%	3,79 ha 0,58%	24,76 ha 3,80%
Sudan I	3,88 ha 8,76%	7,39 ha 16,67%	5,40 ha 12,18%	3,50 ha 7,91%	3,88 ha 8,76%	24,08 ha 54,28%
Jardim Altamira	6,45 ha 2,89%	4,55 ha 2,04%	4,36 ha 1,96%	3,32 ha 1,49%	2,94 ha 1,32%	21,63 ha 9,70%
Premem	0,00 ha 0,00%	0,09 ha 0,15%	1,33 ha 2,17%	3,99 ha 6,51%	5,60 ha 9,14%	11,00 ha 17,97%
Brasília	2,27 ha 3,37%	2,46 ha 3,65%	1,99 ha 2,95%	0,94 ha 1,41%	0,38 ha 0,56%	8,06 ha 11,94%
Esplanada do Xingu	1,04 ha 1,35%	0,09 ha 0,12%	0,38 ha 0,49%	0,38 ha 0,49%	1,80 ha 2,33%	3,70 ha 4,78%
Jardim Uirapuru	0,00 ha 0,00%	0,00 ha 0,00%	0,00 ha 0,00%	0,00 ha 0,00%	0,66 ha 1,45%	0,66 ha 1,45%

Fonte: Autores (2024). **Legenda:** Os percentis em destaque representam as áreas por bairros com maior suscetibilidade de inundaçāo

Por sua vez, os bairros Boa Esperança (97,73 ha), Sudan II (47,72 ha), Jardim Independente I (37,00 ha), Aparecida (31,31 ha), Bela Vista (31,31 ha), Colinas (30,07 ha), Centro (27,23 ha), Liberdade (24,76 ha), Sudan I (24,08 ha), Jardim Altamira (21,63 ha), Premem (11,00 ha), Brasília (8,06 ha), Esplanada do Xingu (3,70 ha) e Jardim Uirapuru (0,66 ha), possuem as menores áreas associadas às classificações de suscetibilidade de inundação.

HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES

O período chuvoso de Altamira ocorre entre os meses de dezembro a abril, enquanto o período menos chuvoso entre junho e setembro. Nos meses de maior precipitação, a probabilidade de ocorrência de fenômenos como inundações é mais elevada (SANTOS *et al.*, 2021). Em municípios do Estado do Pará, as inundações são frequentes durante a estação chuvosa, causando desabamentos de moradias, aumento do número de desabrigados, elevação na incidência de doenças e acúmulo de lixo (FRANCO; SOUZA; LIMA, 2018).

As informações prévias sobre o histórico de inundações e enchentes foram essenciais para a confirmação e identificação dos locais mais vulneráveis à ocorrência de inundaçāo ao longo dos anos. Os registros indicam que o nível máximo de inundaçāo relatado na área de estudo foi de 3,50 m. No total, foram 14 bairros contabilizados, dos quais apenas 12 são nomeados nos registros (Tabela 2).

Tabela 2. Inundações na sede de Altamira-PA classificado por bairros

Bairros	Ano de ocorrência	Cota	Fonte
Jardim Independente I	2022	*	Freitas e Brito (2022)
	2021	*	Confirma Notícia (2021)
	2021	1 m	G1 PA (2021)
	2014	*	Melo (2021)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
	*	3 m	Barros e Barcelos (2017)
Jardim Independente II	2014	*	Melo (2021)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Sudam I	2009	*	Trevisan (2020)
Sudam II	2023	*	Pinto (2023)
Boa Esperança	2014	*	Melo (2021)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
	2014	*	Melo (2021)
	2014	*	Barbosa (2014)
Aparecida	2009	*	Jus Brasil (2009)
	2014	*	Melo (2021)
	2014	*	Jus Brasil (2009)
	2014	Rio Xingu subiu 8 m	G1 PA (2014a)
Liberdade	2024	*	Vale do Xingu (2024)
	2023	*	Pinto (2023)
Mutirão	2023	*	Bom dia Pará (2023)
	2023	*	Pinto (2023)
	2023	*	Xingu230 (2023)
Premem	2022	*	Freitas e Brito (2022)

Centro	2023	*	Pinto (2023)
	2014	*	Barbosa (2014)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Brasília	2023	*	Pinto (2023)
	2023	*	Xingu230 (2023)
	2014	*	Barbosa (2014)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Nova Altamira	2023	*	Brito (2023)
Inominados	2018	Rio Xingu subiu 6,69 m	Bom dia Pará (2018)
	2015	Rio Xingu subiu 6,7 m	R7 (2015)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
	2014	*	G1 PA (2014b)
	2013	3,50 m,	Magalhães (2013)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Brasil (2009)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Gazeta do Povo (2009)

Fonte: Autores (2024). **Legenda:** *-Sem dados

Destes bairros, os mais afetados pelas 5 classes são o Boa Esperança (67,86%), Nova Altamira (61,67%) e Sudan I (54,28%), com mais da metade de suas áreas suscetíveis à inundação. Em seguida vem os bairros Aparecida (49,67%), Sudan II (32,54%), Jardin Independente I (29,32%), Centro (25,56%), Jardin Independente II (24,55%), Mutirão (18,16%), Premem (17,97%), Brasília (11,94%), Esplanada do Xingu (4,78%) e o Liberdade (3,80%) (Figura 5).

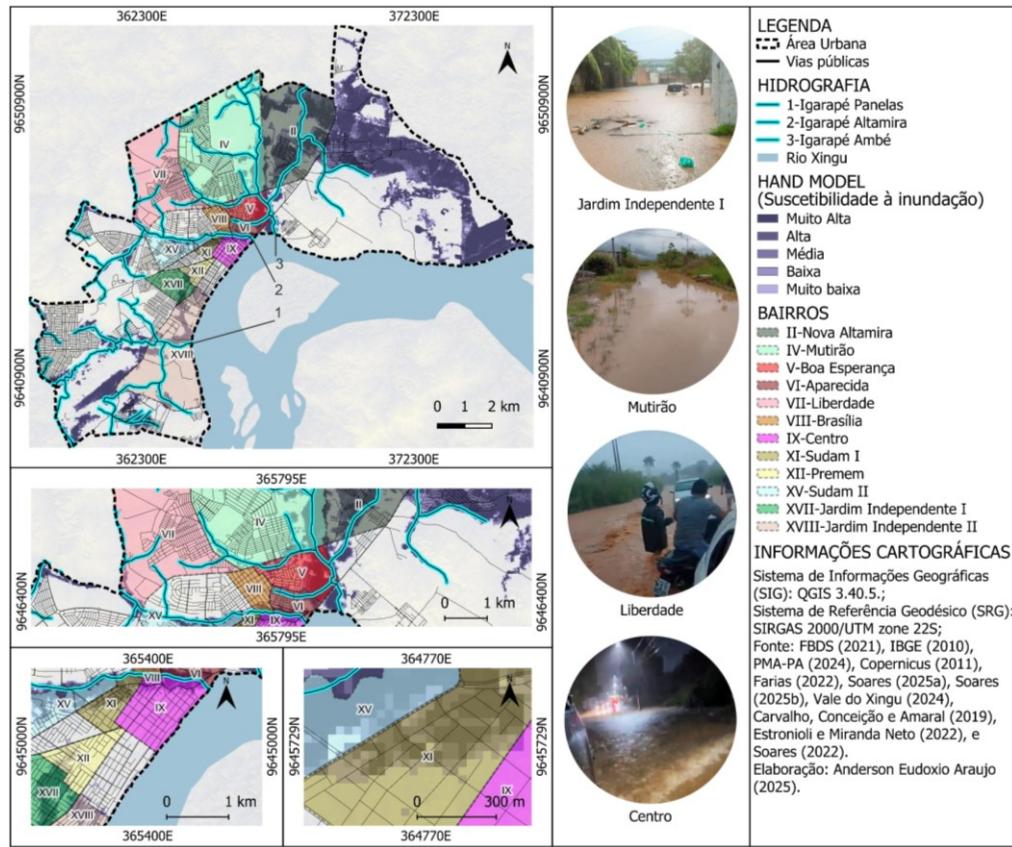


Figura 5. Bairros afetados por inundações. **Fonte:** Autores (2024)

Levando em conta o histórico das vias públicas afetadas por eventos de inundações, identificou-se o equivalente a 14 vias, das quais 4 são avenidas, 8 são ruas, 1 é travessa e a última é uma rodovia federal (BR-230 conhecida como Transamazônica) (Tabela 3).

Tabela 3. Histórico de inundações por vias públicas

Vias públicas	Ano de ocorrência	Cota	Fonte
Av. Jader Barbalho	2023	*	Pinto (2023)
	2022		Freitas e Brito (2022)
Av. João Coelho	2023	*	Pinto (2023)
	2023	*	Xingu230 (2023)
Av. Tancredo Neves	2021	*	Confirma Notícia (2021)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
Av. Bom Jesus	2023	*	Bom dia Pará (2023)
R. Lucindo Câmara	2021	1 m	G1 PA (2021)
R. Sapucaia	2023	*	Xingu230 (2023)
	2023	*	Pinto (2023)
R. Gov. Magalhães Barata	2023	*	Pinto (2023)
R. Salustiano de Almeida	2022	*	Freitas e Brito (2022)
R. Dragão do Mar	2022	*	Freitas e Brito (2022)

R. Raimundo Oliveira	2021	*	Confirma Notícia (2021)
Tv. Um	2023	*	Bom dia Pará (2023)
BR-230	2024	*	Vale do Xingu (2024)
R. 7 de Setembro	2024	*	Brito (2024)

Fonte: Autores (2024). **Legenda:** *-Sem dados

Constatou-se que, das 13 vias analisadas, 7 estão próximas de um ou dois igarapés que cortam a cidade. Sendo 5 em relação ao Igarapé Ambé (Av. Bom Jesus, R. Sapucaia, BR-230, Av. João Coelho e Tv. Um), 4 ao Igarapé Altamira (Av. João Coelho, Av. Jader Barbalho, R. de Setembro e R. Gov. Magalhães Barata) e 1 ao Igarapé Panelas (Av. Tancredo Neves). As vias denominadas R. Salustiano de Almeida, R. Raimundo Oliveira, R. Lucindo Câmara e R. Dragão do Mar não estão nas imediações de corpos hídricos, mas localizam-se nas adjacências do centro da cidade, região apontada como uma das principais áreas de suscetibilidade à inundações (Figura 6).

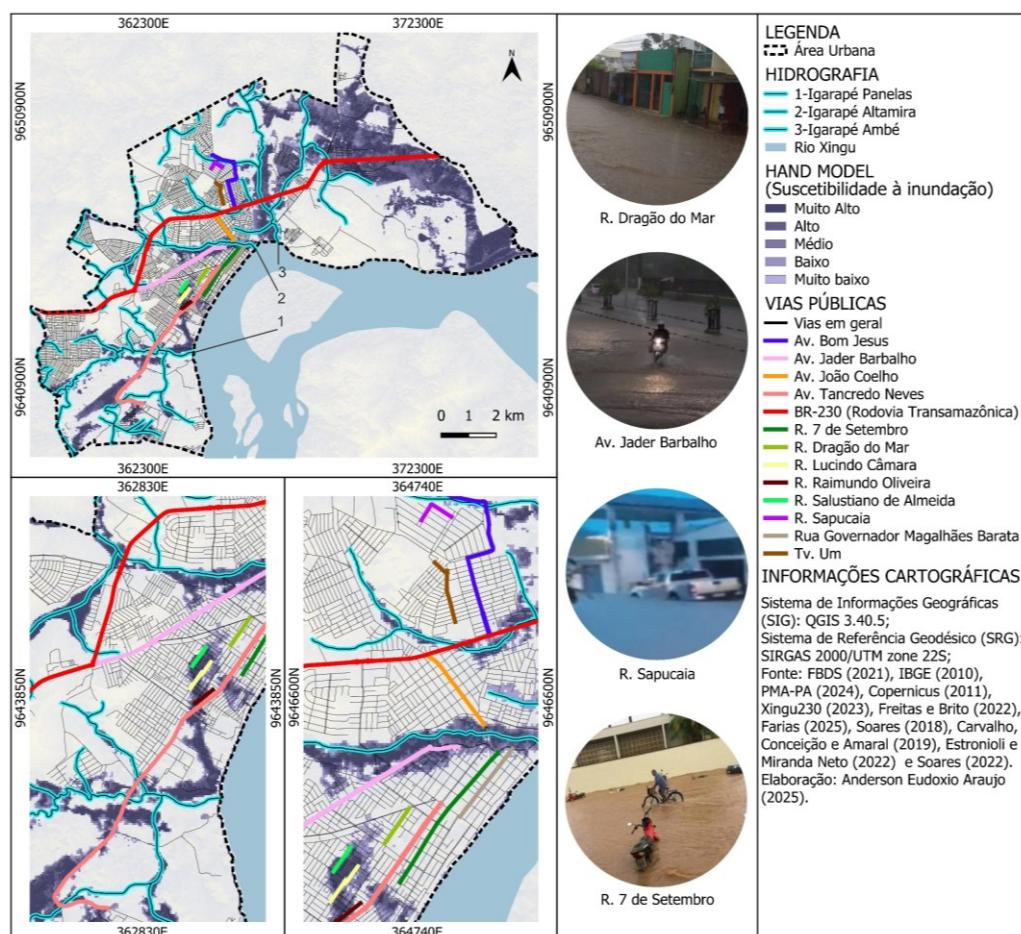


Figura 6. Vias afetadas por inundações. **Fonte:** Autores (2024)

Além disso, foram constatados 14 pontos de referência com histórico de sofrerem com eventos de inundações. Contudo, a localização da área denominada como Invasão dos

Padres não foi encontrada, razão pela qual não consta no mapa. Alguns desses pontos já não são mais habitados, é o caso do Baixão do Tufi, Baixão Açaizal e Área da Lagoa do Independente I. Ainda assim, para fins de validação do *HAND Model*, essas áreas são úteis, pois indicam regiões que sofreram inundações em anos anteriores (Tabela 4).

Tabela 4. Levantamento do histórico de inundações na sede de Altamira-PA classificado por pontos de referência afetados

Ponto de referência	Ano de ocorrência	Cota	Fonte
Área da Lagoa	2021	1 m	G1 PA (2021)
Imediação do Igarapé Altamira	2014	*	Melo (2021)
	2014	*	Barbosa (2014)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Brasil (2009)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
	2009	*	Salm (2009)
Imediação do Igarapé Ambé	2014	*	Melo (2021)
	2014	*	Barbosa (2014)
	2014	*	G1 PA (2014b)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Brasil (2009)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Imediação do Igarapé Panelas	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Brasil (2009)
	2009	Rio Xingu subiu 7 m	Oliveira, Rocha e Barbosa (2015)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Baixão do Tufi	2014	*	Barbosa (2014)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Invasão dos Padres	2014	*	Barbosa (2014)
Baixão Açaizal	2009	*	Jus Brasil (2009)
	2014	*	Barbosa (2014)
	2009	*	Jus Brasil (2009)
Periferia da cidade	2018	Rio Xingu subiu 6,69 m	Bom dia Pará (2018)
Vila Paixão de Cristo	2023	*	Bom dia Pará (2023)
Anel Viário	2023	*	Pinto (2023)
Lot. Ayrton Senna	2022	*	Freitas e Brito (2022)
Lot. Santa Ana	2023	*	Pinto (2023)
Em frente à Estima Dr. Octacílio Lino	2021	*	Confirma Notícia (2021)
Igreja Metodista	2013	3,50 m	Magalhães (2013)

Fonte: Autores (2024). **Legenda:** *-Sem dados

No mapa de suscetibilidade à inundação, em comparação com os pontos de referência, fica evidente que as áreas em frente à Estima Dr. Octacílio Lino, à Lagoa, ao Anel Viário, à Igreja Metodista, ao Baixão do Tufi e ao Baixão Açaizal situam-se, em sua maior parte, nas zonas de suscetibilidade. Por sua vez, o Lot. Ayrton Senna, o Lot. Santa Ana e a Vila Paixão de Cristo apresentam áreas parcialmente afetadas, porém de menor extensão (Figura 7).

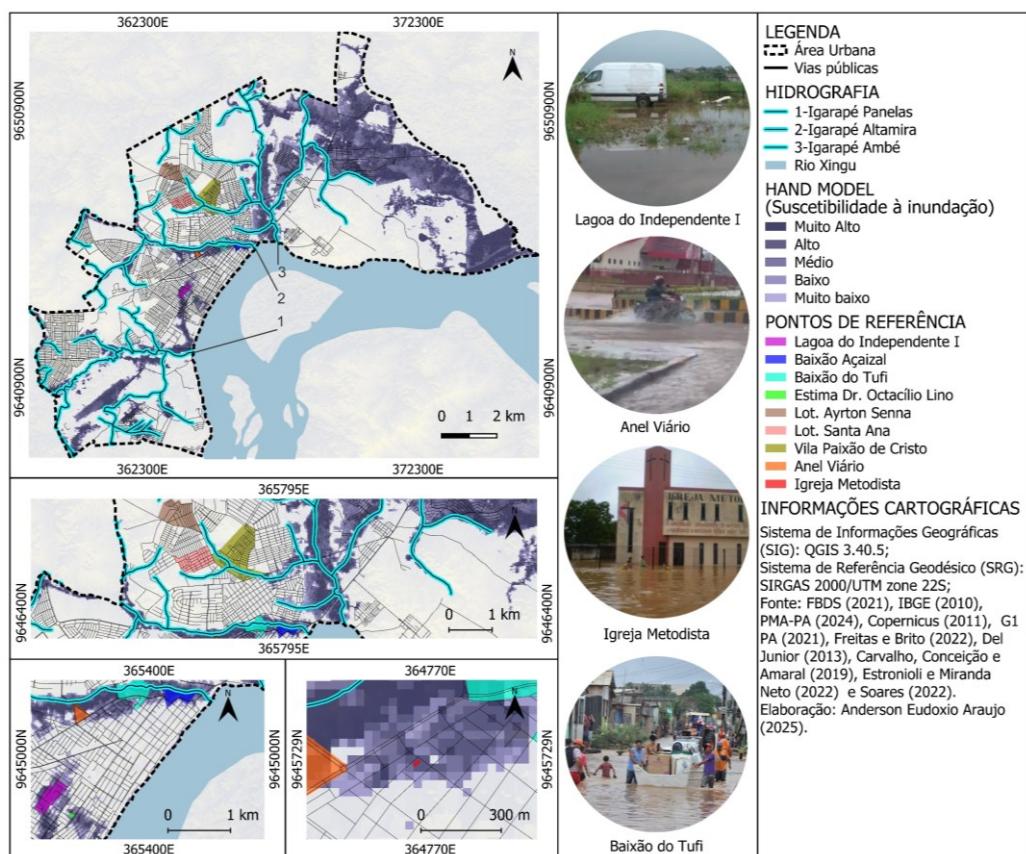


Figura 7. Pontos de referência afetados por inundações. **Fonte:** Autores (2024)

A modelagem evidencia que as classes com maior suscetibilidade (muito alta e alta) concentram-se nas imediações dos igarapés urbanos, com destaque para a foz dos igarapés Ambé e Altamira, próximos à região do centro da cidade, na margem esquerda do Rio Xingu. Essas áreas correspondem aos terrenos de menor altitude, adjacentes à região periférica de Altamira, ao nordeste da zona urbana.

A zona urbana da sede do município de Altamira passou por muitas transformações ao decorrer dos anos. Devido à falta de planejamento urbano, regiões como áreas de alagamento às margens de igarapés tornaram-se ocupadas por residências em palafitas e sem saneamento básico (localizadas nos bairros Centro, Sudam I, Aparecida, Jardim Independente II, Boa Esperança e Brasília). Sendo comum a utilização de fossas e valas irregulares, que não atendiam critérios mínimos sanitários (Figura 8) (MIRANDA NETO, 2014; SOARES, 2022).

Com a ocorrência de enchentes, a água misturava-se aos resíduos provenientes dessas fossas, aumentando a incidência de agentes agravantes de doenças como dengue, malária, febre amarela, tracoma, conjuntivites, diarreia, hepatites, sarna, poliomielite, febre tifoide, cólera e leptospirose (ZARAMELLA *et al.*, 2025).



Figura 8. Ocupação em Altamira com fossa irregular. **Fonte:** Zaramella *et al.* (2025)

Com a construção da UHBM, o município de Altamira passou por novas modificações. Dentre vários fatores, destaca-se o remanejamento da população que residia em áreas de risco de inundação (localizadas abaixo da cota 100), em razão do aumento do nível do Rio Xingu e de seus afluentes. Essas populações foram realocadas para os Reassentamentos Urbanos Coletivos (RUCs) (FEIO *et al.*, 2023).

Como consequência, as adjacências dos igarapés Ambé, Altamira e Panelas, localizados na zona urbana, tiveram o nível de suas planícies de inundações elevado quase que permanente. Também houve alterações na topografia da área, com intervenções de terraplanagem, aterros, construção de novas vias e pontes, resultando na extinção de antigas ocupações irregulares, como o Baixão Açaizal, a Invasão dos Padres, a área da Lagoa do Jardim Independente I, bem como outras áreas situadas nos bairros Aparecida e Sudam I (OLIVEIRA; ROCHA; SENNA, 2020).

Embora a população que residia em áreas de maior suscetibilidade (muito alta e alta) tenham sido remanejadas para os RUCs, moradores de Altamira continuam residindo em regiões afetadas. Mesmo em novas áreas planejadas, como os RUCs Água Azul, Laranjeiras e Jatobá, além do Loteamento Bacana, os moradores relatam a ocorrência de inundações. Tais eventos dificultam o acesso aos locais e favorecem o surgimento de animais peçonhentos, como cobras e escorpiões (Figura 9) (FARIAS, 2022).



Figura 9. Inundação no RUC Jatobá e surgimento de escorpião no RUC Laranjeiras.

Fonte: Farias (2022)

Outras delimitações situadas nas classes muito alta e alta, verificadas no histórico de inundações, ainda servem como referência para a população do município por enfrentarem, há anos, episódios recorrentes desse fenômeno durante o período mais chuvoso. Entre os exemplos mais representativos destacam-se a Avenida Jader Barbalho e o Anel Viário, que permanecem como áreas críticas de alagamento sazonal (Figura 10) (FREITAS; BRITO, 2022).



Figura 10. Inundação na Av. Jader Barbalho se repete em 2022 e 2023, próximo ao Anel Viário, Bairro Sudam II. **Fonte:** Freitas e Brito (2022), e Pinto (2023)

As notícias evidenciam que, após uma onda de calor com temperaturas superiores a 36°, chuvas intensas provocaram inundações e queda de árvores, prejudicando a circulação de motoristas. A força do escoamento da água arrastou a moto de uma entregadora em meio a inundações, que precisou receber a ajuda de outras duas pessoas que estavam no local (PINTO, 2023).

Além disso, mesmo em áreas classificadas com suscetibilidade média e baixa, foram registrados eventos de alagamento que atingiram ruas com pontos comerciais e casas, prejudicando o acesso e causando transtornos, como veículos presos em valas geradas por ação das chuvas (Figura 11) (SOARES, 2018).



Figura 11. Inundação na R. 7 de Setembro e no Bairro Jardim Independente I que deixou veículos presos em valas. **Fonte:** Soares (2018)

Em frente à Estima Dr. Octacílio Lino, apesar da predominância das classes de suscetibilidade majoritária baixa e muito baixa, parte da avenida foi tomada pela água, prejudicando o tráfego de veículos e o acesso nas proximidades. Um posto de combustível localizado próximo ao local teve sua área de atendimento quase completamente inundada (Figura 12) (CONFIRMA NOTÍCIA, 2021).



Figura 12. Inundação em frente à Estima Dr. Octacílio Lino. **Fonte:** Confirma Notícia (2018)

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento-SNIS (BRASIL, 2023), no relatório "Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas", no ano de referência de 2022 (último emitido), foi declarado pela PMA-PA que Altamira não possui sistema de alerta de risco hidrológico, mapeamento de área de risco de inundação dos cursos d'água urbanos e cadastro técnico de obras lineares. Além disso, consta que Altamira possui 194 domicílios sujeitos a risco de inundação, e que nos últimos 5 anos, ocorreram 3 eventos de enxurrada, alagamento e/ou inundação, onde 500 pessoas foram desabrigadas por eventos pluviométricos.

Em contradição ao relatório do SNIS, que contabilizou apenas três eventos de enxurrada, alagamento e/ou inundação, nesta pesquisa foram identificadas cinco notícias, entre 2018 e 2022, relatando a ocorrência desses eventos (BOM DIA PARÁ, 2018; BOM DIA PARÁ, 2023; CONFIRMA NOTÍCIA, 2021; FREITAS E BRITO, 2022; G1 PA, 2021), indicando possível subnotificação de suas ocorrências na área urbana de Altamira. Nesse sentido, Faria *et al.* (2022) apontam que, em razão dos dados do

SNIS serem autodeclarados, estes podem não evidenciar o panorama real dos municípios.

Nesse cenário, há uma variedade de possibilidades e estratégias voltadas à adaptação e à resiliência das cidades frente à suscetibilidade a inundações, com destaque para a adaptação estrutural do ambiente construído (FEKETE, 2019). Cidades resilientes são modelos urbanos capazes de resistir a desastres naturais em virtude de anomalias climáticas, oferecendo serviços públicos de qualidade e promovendo a participação popular em seus processos de planejamento e tomada de decisão (STANGHERLIN; FERRARESI, 2021).

As medidas atuais de engenharia para controle e prevenção de inundações demandam elevados investimentos e manutenção contínua de infraestrutura de drenagem urbana, fatores que, em geral, dificultam sua concretização no curto praz. Por isso, vem se desenvolvendo alternativas que não envolvem grandes investimentos de engenharia para melhorar na gestão de inundações (ZENG; HUANG; CHEN, 2025).

Qin (2020), por meio de revisão sistemática, caracterizou diversas técnicas voltadas à mitigação de inundações em áreas urbanas, agrupando-as em 3 categorias: soluções acima do solo (telhados não vegetados e vegetados); na superfície do solo (árvores, pavimentos de retenção de água, valas de infiltração, biorretenção e pavimentos permeáveis); e subterrâneas (canais de drenagem e diferentes unidades de armazenamento e infiltração de água).

Dentre estas estratégias, as mais promissoras em função da baixa necessidade de manutenção são o telhado verde, biorretenção, valas de infiltração e árvores urbanas, que seriam mais adequadas para bairros de menor suscetibilidade como o Boa Esperança, Sudan II, Jardim Independente I, Aparecida, Bela Vista, Colinas, Centro, Liberdade, Sudan I, Jardim Altamira, Premem, Brasília, Esplanada do Xingu e Jardim Uirapuru. Ademais, os tanques de retenção (ou tanques de vazamento), que armazenam temporariamente o excesso de água pluvial e promovem seu escoamento gradual, são alternativas eficazes para bairros com alta e muito alta suscetibilidade, como Alberto Soares, Nova Altamira, Ibiza, Mutirão e Jardim Independente II.

Com base na identificação das áreas de maior suscetibilidade à inundaçāo, torna-se possível planejar medidas eficazes para melhorar a gestão de riscos na área de estudo pelo poder público, promovendo maior segurança para a população e prevenindo danos à saúde, prejuízos materiais e econômicos, bem como interrupções de serviços essenciais. Além disso, o mapeamento auxilia na definição de áreas mais adequadas para a expansão urbana, evitando ocupações irregulares em áreas de risco (PAIVA; FERREIRA; VIANNA, 2024).

Diante do agravamento das mudanças climáticas, espera-se que a vulnerabilidade a inundações aumente, afetando diversos ecossistemas, incluindo os de água doce da Amazônia (CEA; COSTALI, 2022). Nessa perspectiva, comprehende-se que as medidas tradicionais de prevenção de riscos não se farão o suficiente para enfrentar os novos eventos de inundações.

Na Amazônia, o cenário de mudanças climáticas indica aumento de eventos extremos (PEREIRA; RODRIGUEZ, 2022). Desse modo, a população tem enfrentado tanto períodos prolongados de estiagem quanto episódios intensos de chuva, resultando em inundações, deslizamentos, quedas de árvores, proliferação de vetores e doenças, e até registros de óbitos (FERREIRA; SOUZA; OLIVEIRA, 2020).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA, durante sua 917^a Reunião Deliberativa Ordinária do colegiado na data de 30 set. 2024, declarou situação crítica de escassez quantitativa no Rio Xingu (afluente do rio Amazonas). Apenas em 2024 essa é a 4^º declaração de escassez hídrica que a Agência emitiu com base em dados de monitoramento, visando mitigar os impactos dos níveis baixos dos rios (BRASIL, 2024a).

Em 18 de outubro do mesmo ano, a Prefeitura Municipal de Altamira-PA decretou situação de emergência devido ao baixo nível do Rio Xingu, o que comprometeu seus principais usos, especialmente o abastecimento de água potável (PMA-PA, 2024b). Até 2021, esse serviço atendia bairros como Centro, Premem, Sudam I, Uirapuru, Bela Vista, Jardim Independente I, Jardim Altamira, Brasília, Aparecida, Boa Esperança, Jardim Independente II, Ibiza, Mutirão, Liberdade e Esplanada do Xingu (ABREU; MIRANDA NETO, 2023).

Normalmente períodos de seca são representados pela falta de chuvas, porém estudos revelam que secas mais severas podem acarretar chuvas mais abundantes. Esse fenômeno é denominado como a aceleração do componente terrestre do ciclo da água. Isso é potencializado por diversos processos naturais ou antrópicos, dentre os quais estão as práticas agrícolas, engenharia fluvial, bombeamento de águas subterrâneas e urbanização (CHAGAS; CHAFFE; BLOESCHL, 2022).

Ademais, embora as inundações aconteçam por chuva extrema, a relação entre a intensidade da chuva e nível de inundaçao não é necessariamente linear, haja vista que existem interações complexas capazes de gerar mudanças significativas em sua incidência, como o uso e cobertura do solo, evapotranspiração e canais fluviais (GAO *et al.*, 2024).

Desta forma, considerando a ausência de mapeamento oficial de áreas suscetíveis a inundações pelo poder público municipal - conforme apontado pelo diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS-, esta pesquisa reforça a importância para o planejamento e gestão urbana de Altamira.

CONCLUSÃO

O HAN Model possui limitações, uma vez que utiliza apenas a declividade do terreno para prever a possibilidade da ocorrência de inundações, que, na realidade, sofre influência de múltiplos fatores ambientais, hidrológicos e antrópicos. Outra limitação relevante refere-se à resolução espacial dos dados utilizados, que, neste estudo, corresponde a 30 metros e foi obtida a partir de imagens do ano de 2011. Essa resolução pode ter reduzido a percepção de pequenas localidades com algum nível de suscetibilidade dentro das classes delimitadas, assim como aquelas que passaram por significativas transformações urbanas até o momento atual.

Apesar dessas limitações, o modelo demonstrou resultados satisfatórios na identificação de áreas mais afetadas, conforme verificado com o histórico de inundações documentados na área urbana de Altamira. Dessa forma, constatou-se que o uso do HAND é adequado para estudos preliminares sobre a suscetibilidade de inundações, especialmente em contextos de escassez de dados mais detalhados para aplicação de modelos hidrodinâmicos mais robustos

Observou-se maior concentração de áreas suscetíveis em bairros situados nas adjacências do centro urbano, principalmente na margem esquerda do Rio Xingu, onde se localizam os igarapés Ambé, Altamira e Panelas. Destaca-se também a região ao nordeste da delimitação urbana de Altamira, que compreende bairros como Alberto Soares, Nova Altamira e Colinas, que apresentou grande concentração de áreas de suscetibilidade, mas com baixa densidade populacional, o que representa uma vantagem do ponto de vista do risco à população.

Além disso, através do mapeamento de suscetibilidade é possível identificar áreas prioritárias para melhorias em infraestruturas de drenagem, a necessidade de restringir a expansão urbana de ocupações irregulares, além de prevenir o surgimento de novos bairros, vilas e loteamentos que desconsiderem as particularidades da topografia local.

Em razão dos bairros Alberto Soares, Nova Altamira, Ibiza, Mutirão, Jardim Independente II e Boa Esperança possuírem as maiores manchas de suscetibilidade, recomenda-se atenção especial para esses territórios, por meio da implementação de projetos e ações relacionadas à prevenção e ao controle de inundações. Além disso, é urgente a necessidade de realizar planos de prevenção para gestão dessas áreas, compreendendo-se, as melhores medidas de mitigação a serem implementadas como valas de infiltração, pavimentação permeável, canais de drenagens e biorretenção.

Para aprimorar o planejamento e a gestão do risco hidrológico em Altamira, recomenda-se a realização de estudos complementares que envolvam a caracterização de aspectos físico-ambientais (grau de inclinação, escoamento superficial e permeabilidade), sociais (escolaridade, disposição de resíduos e efluentes), econômicos (condição da habitação, perda de propriedades e renda familiar), sociocomportamentais (interajuda entre vizinhos, procedimentos de evacuação, conhecimento de medidas de proteção) e político-administrativos (mecanismos de serviços públicos).

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Anderson Eudoxio Araujo. **Metodologia:** Anderson Eudoxio Araujo. **Análise formal:** Ana Karina Moreyra, Anderson Eudoxio Araujo, Jorge Fernando Hungria Ferreira e Juliane da Costa Cavalcante. **Pesquisa:** Ana Karina Moreyra, Anderson Eudoxio Araujo, Jorge Fernando Hungria Ferreira e Juliane da Costa Cavalcante. **Recursos:** Anderson Eudoxio Araujo. **Preparação de dados:** Anderson Eudoxio Araujo. **Escrita do artigo:** Ana Karina Moreyra, Anderson Eudoxio Araujo, Jorge Fernando Hungria Ferreira e Juliane da Costa Cavalcante. **Revisão:** Anderson Eudoxio Araujo, Ana Karina Moreyra, Jorge Fernando Hungria Ferreira e Juliane da

Costa Cavalcante. **Supervisão:** Ana Karina Moreyra, Jorge Fernando Hungria Ferreira e Juliane da Costa Cavalcante. **Aquisição de financiamento:** Não houve. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. A.; MIRANDA NETO, J. Q. de. As implicações da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no sistema de saneamento básico da cidade de Altamira-PA. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. I.], v. 2, n. 45, p. 94–118, 2023. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/8906>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- AGUIAR, P. F. de. Erodibilidade dos solos por uso de técnicas de geoprocessamento no Município de Altamira, Pará, Brasil. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. I.], v. 3, n. 2, p. 1–14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.166>.
- ATAÇ, B. Ayça; HARTMANN, Thomas. Chapter One - Climate change and property rights: Challenges for land policy. In: Pereira, P.; Ferreira, C. S. S. **Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection**. [S. I.]: Elsevier, 2022. v. 8, n. 1, p 1-22. ISSN: 2468-9289. ISBN: 9780128201800. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2022.10.013>.
- BARBOSA, A. **Enchente em Altamira**. [S. I.]: Foto Anena, 2014. Disponível em: <https://www.fotoarena.com.br/detalhes/foto/id/677042?ide=22707&b=fotoarena>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BARROS, C.; BARCELOS, I. **Conflitos, desmatamento e inundações marcam 6 anos das obras em Belo Monte**. [S. I.], 7 nov. 2017. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2017/11/07/conflitos-inundacoes-e-desmatamento-marcam-6-anos-das-oberas-em-belo-monte.htm>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BOM DIA PARÁ. **Chuvas elevam nível de igarapés em Altamira e causam enchente**. 1 vídeo (2 min). [S. I.]: Globoplay, 2018. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/4080516/>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BOM DIA PARÁ. **Ruas alagam em Altamira após fortes chuvas**. 1 vídeo (4,46 min). [S. I.]: Globoplay, 2023. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/11547453/>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BRASIL. **Diário do Senado Federal nº 46 de 2009**. Brasília: Senado Federal, 2009. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/diarios/ver/100?sequencia=229>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BRASIL. **Diretoria Colegiada da ANA aprova Declaração de Escassez Quantitativa dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do rio Xingu**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/diretoria-colegiada-da-ana-aprova-declaracao-de-escassez-quantitativa-dos-recursos-hidricos-da-bacia-hidrografica-do-rio-xingu>. Acesso em: 31 out. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNSA. **Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snus/produtos-do-snus/diagnosticos-snus>. Acesso em: 26 dez. 2024.

BRASIL. **Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR: Processo SUPER nº 00042.000497/2023-74**. Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/>. Acesso em: 20 out. 2024.

BRITO, E. R. de; BASTOS, F. de H.; CORDEIRO, A. M. N.; SILVA, I. B. da; PAULA, D. P. de; CARVALHO, R. G. de; SOARES, H. dos S. Modelagem hidráulica aplicada à análise de riscos de inundação em áreas urbanas brasileiras: o caso da Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) do Lagamar, Fortaleza (Nordeste do Brasil). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 26, n. 103, p. 320–340, 2025. DOI: 10.14393/RCG2610375334. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/75334>. Acesso em: 25 maio 2025.

BRITO, R. **Chuva intensa causa alagamentos em Altamira nesta quarta-feira**. [S. I.]: Confirma Notícia, 2024. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/26891/chuva-intensa-causa-alagamentos-em-altamira-nesta-quarta-feiran>. Acesso em: 31 out. 2024.

BRITO, R. **Chuva intensa deixa ruas alagadas e invade casas em Altamira**. **Confirma Notícia**, 2023. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/20118/chuva-intensa-deixa-ruas-alagadas-e-invade-casas-em-altamira>. Acesso em: 19 abr. 2025.

CARVALHO, G. B.; CONCEIÇÃO, R. S. da; AMARAL, M. D. B. Reestruturação urbana da cidade de Altamira (Pará) a partir da implantação da UHE Belo Monte. **InterEspaço**, Grajaú-MA, v. 5, n. 18 p. 01-22, 2019. ISSN: 2446-6549. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.2019.16154>.

CEA, L.; COSTABILE, P. Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change. **Hydrology**, [S. I.], v. 9, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology9030050>.

CHAGAS, V.B.P., CHAFFE, P.L.B. & BLÖSCHL, G. Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. **Nat Commun**, [S. I.], v. 13, p. 5136, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x>.

CLAUDINO, C. M. de A.; ABRANTES, S. L. M.; ALMEIDA, A. A. R. D.; SENA, T. de S.; SILVA, C. S. da; FILGUEIRA, H. J. A. Avaliação de diferentes modelos digitais de elevação na geração de mapas de suscetibilidade a inundação a partir do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). **Revista Geociências**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 227 - 241, 2022. ISSN: 1980-900X. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16313>.

CONFIRMA NOTÍCIA. Moradores ficam ilhados por causa de alagamento

Altamira. [S. I.]: Confirma Notícia, 2021. Disponível em:

<https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/9075/moradores-ficam-ilhados-por-causa-de-alagamento-em-altamira>. Acesso em: 11 out. 2024.

COPERNICUS.DEM1_SAR_DGE_30_20110427T091450_20130417T090920_ADS_000000_62k0_5448ffc0. [S. I.]: Copernicus Browser, 2011. 1 imagem de satélite, p&b., 95.28 x 95.28 cm. Intervalo de tempo: 2011 a 2015. Disponível em: https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=8&lat=-0.41198&lng=-50.32288&themeld=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=U2FsdGVkX1%2FhxXOYflWyoO7gqtgtXgOeX%2Fb%2B05cJBufjnuJmQWpki40xPry3nb%2FSyzLkh0sXhgYdt9E6hX%2Bvgav5ePLPutpcs7uNWwEptA4TufjQQkUdZJYtgYx97gf&datasetId=S2_L2A_CDAS. Acesso em: 10 abr. 2025.

DANTAS, Dantas; TEIXEIRA, Gatinho Teixeira. Origem das paisagens do Estado do Pará. In: JOÃO, Xafi da Silva Jorge; TEIXEIRA, Sheila Gatinho; FONSECA, Dianne Danielle Farias. **Geodiversidade do Estado do Pará.** 1. ed. Belém: CPRM, 2013. 256 p., 30 cm. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/16736>. Acesso em: 21 abr. 2025.

DEL JUNIOR. Altamira: bairro Baixão do Tufi já está completamente alagado.

Altamira Notícia, 2013. Disponível em:

<https://altamiranoticia.blogspot.com/2013/03/altamira-bairro-baixao-do-tufi-ja-esta.html>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ESTRONIOLI, E. M.; MIRANDA NETO, J. Q. de. Usina de Belo Monte e as concepções espaciais subjacentes ao conceito de atingido por barragem: o caso da lagoa do Independente I em Altamira-PA. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 40, p. 117-133, 2022. ISSN: 2176-4786. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e60996>.

FARIA, M. T. da S.; PEREIRA, L. M. S.; DIAS, A. P.; GOMES, U. A. F.; MOURA, P. Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 185–193, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200357>.

FARIAS, A. Alagamentos atingem bairros mais afastados em Altamira. Confirma Notícia, 2022. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/11849/alagamentos-atingem-bairros-mais-afastados-em-altamira>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FARIAS, A. Chuvas no início de janeiro causam alagamentos em Altamira.

Confirma Notícia, 2025. Disponível em:

<https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/31645/chuvas-no-inicio-de-janeiro-causam-alagamentos-em-altamira>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FBDS. Hidrografia. [S. I.], 2021. Disponível em:

<https://geo.fbds.org.br/PA/ALTAMIRA/HIDROGRAFIA/>. Acesso em: 06 nov. 2024.

FEIO, E. F.; HERRERA, R. C.; VELOSO, G. A.; SILVA JÚNIOR, H. O. e. Expansão urbana e sua influência no microclima na cidade de Altamira, PA. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. I.], v. 1, n. 110, p. 282–297, 2023. ISSN: 2447-0945. DOI: 10.61636/bpg.v1i110.3072.

FEKETE, A. Critical infrastructure and flood resilience: Cascading effects beyond water. **WIREs Water**, [S. I.], v. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1370>.

FERREIRA, D. B. da S.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, J. V. de. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos pacífico e atlântico. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. I.], v. 27, p. 197–222, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v27i0.64630. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14269>. Acesso em: 6 nov. 2024.

FRANCO, V. dos S.; SOUZA, E. B. de; LIMA, A. M. M. de. Floods and social vulnerability: study on the xingu river in Altamira/PA. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 1, n. 21, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0157r3vu18L1AO>.

FRANKS, S.; RENGARAJAN, R. Evaluation of Copernicus DEM and Comparison to the DEM Used for Landsat Collection-2 Processing. **Remote Sens**, [S. I.], v. 15, n. 10, p. 2509, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15102509>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/10/2509>. Acesso em: 16 abr. 2025.

FREITAS, G.; BRITO, R. **Problema antigo: chuva deixa várias vias alagadas em Altamira; veja vídeo**. Confirma Notícia, 2022. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/14529/problema-antigo-chuva-deixa-variantes-vias-alagadas-em-altamira-veja-video>. Acesso em: 11 out. 2024.

FURTADO, A. M. M.; PONTE, F. C. da. Mapeamento de unidades de relevo do Estado do Pará. **GeoAmazônia**, [S. I.], v. 1, n. 02, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v1i02.12353>. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12353>. Acesso em: 21 abr. 2025.

G1 PA. **Cheia do rio Xingu deixa mais famílias desabrigadas em Altamira**. [S. I.]: Globo Comunicação e Participações S.A., 2014a. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2014/03/cheia-do-rio-xingu-deixa-mais-familias-desabrigadas-em-altamira.html>. Acesso em: 11 out. 2024.

G1 PA. **Chuva forte atinge Altamira e causa alagamentos em área afetada pelas obras da usina de Belo Monte**. [S. I.]: Globo Comunicação e Participações S.A., 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2021/01/08/chuva-forte-atinge-altamira-e-causa-alagamentos-em-area-afetada-pelas-oberas-da-usina-de-belo-monte.html>. Acesso em: 11 out. 2024.

G1 PA. **Famílias atingidas por enchente são retiradas de área de risco em Altamira**. [S. I.]: Globo Comunicação e Participações S.A., 2014b. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2014/02/familias-atingidas-por-enchente-sao-retiradas-de-area-de-risco-em-altamira.html>. Acesso em: 11 out. 2024.

GAO, G.; LI, J.; FENG, P.; LIU, J.; WANG, Y. Impacts of climate and land-use change on flood events with different return periods in a mountainous watershed of North China. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, [S. I.], v. 55, 2024. ISSN: 2214-5818. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101943>.

GAZETA DO POVO. Enchente desabriga 20 mil pessoas no Pará. [S. I.]: Agências O Globo e Estado, 2009. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/enchente-desabriga-20-mil-pessoas-no-pará-bj4vbkkj6yxsl4b1lzh79fta/>. Acesso em: 11 out. 2024.

GOOGLE EARTH PRO. Versão 7.3. (Windows). [S. I.], 2024. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/>. Acesso em: 06 nov. 2024.

GUIMARÃES, É. A.; SILVA, V. V. M. da; UMBELINO, L. F.; MOLISANI, M. M.; LUGON JÚNIOR, J. Susceptibility to Flooding and Urban Flooding in Small Municipalities: Hydrogeomorphological, Land Use and Land Cover Aspects in a Multi-Criterion Analysis. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo (SP), v. 18, n. 9, p. e06513, 2024. DOI: 10.24857/rgsa.v18n9-040.

HU, A.; DEMIR, I. Real-Time Flood Mapping on Client-Side Web Systems Using HAND Model. **Hydrology**, [S. I.], v. 8, n. 65, 2021, DOI: <https://doi.org/10.3390/hydrology8020065>.

IBGE. **Cidades e Estados: Altamira.** [S. I.]: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/altamira.html>. Acesso em: 9 abr. 2025.

IBGE. **Malha de Setores Censitários.** [S. I.]: IBGE, 2010. Shapefile. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26589&t=downloads>. Acesso em: 06 nov. 2024.

JUS BRASIL. **Enchente desaloja mais de 400 pessoas em Altamira.** [S. I.]: Jus Brasil, 2009. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/noticias/enchente-desaloja-mais-de-400-pessoas-em-altamira/3039296>. Acesso em: 11 out. 2024.

LI, J.; HE, C.; HUANG, Q.; LI, L. Spatiotemporal dynamics of flood regulation service under the joint impacts of climate change and Urbanization: A case study in Baiyangdian Lake Basin, China. **Ecological Indicators**, [S. I.], v. 158, 2024. ISSN: 1470-160X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111318>.

LIU, Q.; DU, M., WANG, Y.; DENG, J.; YAN, W.; QIN, C.; LIU, M.; LIU, J. Global, regional and national trends and impacts of natural floods, 1990-2022. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 102, n. 6, p. 410–420, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2471/BLT.23.290243>.

MACHADO, G. M. V.; ALBINO, J. Avaliação conceitual e síntese de ferramentas metodológicas na determinação da sensibilidade à erosão e inundações costeiras. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 43, p. e197486, 2023. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.197486. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/197486>. Acesso em: 25 maio 2025.

MAGALHÃES, J. G. **Escola e Igreja Metodista ficaram alagadas**: Cerca de 300 famílias de alunos do IMEA, Instituto Metodista de Ensino da Amazônia, perderam tudo!. [S. I.]: Igreja Metodista: Portal Nacional, 2013. Disponível em: <https://www.metodista.org.br/altamira>. Acesso em: 11 out. 2024.

MARINHO, N. da S.; GÓES, L. M.; BAITZ, E. de O. F. Identificação de eventos de inundação do Rio Itapicuru Mirim no perímetro urbano de Jacobina – BA (1974 – 2004). **Geografia Grapiúna**, [S. I.], v. 1, n. 1, p. 201-225, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36113/rlahige.v1i1.3295>.

MELO, R. F. de. **A trajetória da educação escolar ofertada para os jovens reassentados do RUC Jatobá no contexto da construção da (UHE) Belo Monte em Altamira no Pará**. Orientador: Doriedson Alves de Almeida. 2021. 177 fls. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Ciências da Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/805>. Acesso em: 11 out. 2024.

MILANESI, J.; QUADROS, E. L. L. de; LAHM, R. A. Utilização do Modelo Hand no reconhecimento dos terrenos sujeitos a inundação – Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. I.], v. 69, n. 4, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n4-44327.

MIRANDA NETO, J. Q. de. Reassentamento da população urbana diretamente afetada pelo empreendimento hidrelétrico de Belo Monte em Altamira-PA. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. I.], v. 2, n. 13, 2014. DOI: 10.17271/231884722132014766. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/766. Acesso em: 21 out. 2024.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C.D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M. S. Saleska d Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, [S. I.], v. 404, p. 13-29, 2011. ISSN 0022-1694. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.051>.

OLIVEIRA, R. D. de; ROCHA, P. C.; SENNA, C. do S. F. Estudo da morfometria de três sub-bacias urbanas no rio Xingu e as mudanças na dinâmica de inundações após a construção da usina hidrelétrica de Belo Monte em Altamira, PA. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. I.], v. 16, n. 7, 2020. ISSN 1980-0827. DOI: 10.17271/1980082716720202681.

OLIVEIRA, R.; ROCHA, P.; BARBOSA, M. Historicidade das inundações para compreensão do efeito de retroalimentação positiva em bacias hidrográficas urbanas - estudo de caso em Altamira. **Revista GeoAmazônia**, v. 3, n. 06, p. 01, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18542/geo.v3i06.12441>. Acesso em: 11 out. 2024.

PAIVA, L. C. S.; FERREIRA, C. de C. M.; VIANNA, Y. C. G. Mapeamento de áreas de risco de inundação do município de Ubá, Minas Gerais. **Entre-Lugar**, [S. I.], v. 15, n. 29, p. 194–215, 2024. DOI: 10.30612/rel.v15i29.17425.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. **Derbyana**, [S. I.], v. 43, p. e777, 2022. DOI: 10.14295/derb.v43.777.

PINHEIRO, J. G. de M. Aplicação do modelo HAND para modelagem de suscetibilidade à inundação nos bairros de ilhéus, sul da Bahia (Brasil). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, [S. I.], v.5, n.1. p. 002-012, 2024. ISSN: 2675-5491. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11330974>.

PINTO, K. **VÍDEO: Chuva intensa surpreende moradores e causa alagamentos, queda de árvores e riscos para motoristas em Altamira**. [S. I.]: Confirma Notícia, 2023. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/24214/video-chuva-intensa-surpreende-moradores-e-causa-alagamentos-queda-de-arvores-e-riscos-para-motoristas-em-altamira>. Acesso em: 11 out. 2024.

PMA-PA. **Base Cartográfica Municipal**. Altamira: Prefeitura Municipal de Altamira, 2024a.

PMA-PA. **Prefeitura decreta situação de emergência em Altamira por conta da seca**. Altamira: Prefeitura Municipal de Altamira, 2024b. Disponível em: <https://altamira.pa.gov.br/prefeitura-decreta-situacao-de-emergencia-em-altamira-por-conta-da-seca/>. Acesso em: 31 out. 2024.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40.5. [S. I.], 2023. Disponível em: <https://download.qgis.org/downloads/>. Acesso em: 31 out. 2024.

QIN, Y. Urban Flooding Mitigation Techniques: A Systematic Review and Future Studies. **Water**, [S. I.], v. 12, n. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12123579>.

QUEIROGA, A. A.; OLIVEIRA, R. G. L.; FILGUEIRA, H. J. A.; CUNICO, C. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação aplicando diferentes modelos digitais de elevação no modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 43, 2023. ISSN 2236-2878. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.191008>.

R7. Chuva provoca enchentes em cinco bairros de Altamira, no Pará. [S. I.]: Rádio e Televisão Record S.A, 2015. Disponível em: <https://record.r7.com/fala-brasil/videos/chuva-provoca-enchentes-em-cinco-bairros-de-altamira-no-pará-08112022/>. Acesso em: 11 out. 2024.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008. ISSN 0034-4257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018>.

SALM, R. A cheia em Altamira foi um alerta, artigo de Rodolfo Salm. [S. I.]: EcoDebate, 2009. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2009/05/04/a-cheia-em-altamira-foi-um-alerta-artigo-de-rodolfo-salm/>. Acesso em: 11 out. 2024.

SANTOS, H. dos; BORGES, R. de S.; SANTOS, F. C. V. dos; FASSONI, V. C. Análise temporal do regime pluviométrico de Altamira-PA. **Revista Uniaraguaia**, Goiânia, v. 16, n. 1, p. 18, 2021. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/975>. Acesso em: 21 out. 2024.

SAWAKUCHI, A. O.; HARTMANN, G. A.; SAWAKUCHI, H. O.; PUPIM, F. N.; BERTASSOLI, D. J.; PARRA, M.; ANTINAO, J. L.; SOUSA, L. M.; PÉREZ, M. H. S.; OLIVEIRA, P. E.; SANTOS, R. A.; SAVIAN, J. F.; GROHMANN, C. H.; MEDEIROS, V. B.; MCGLUE, M. M.; BICUDO, D. C.; FAUSTINO, S. B. The Volta Grande do Xingu: reconstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique Amazonian fluvial landscape. **Scientific Drilling**, [S. l.], v. 20, p. 21–32, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5194/sd-20-21-2015>.

SILVA, A. F. C.; COSTA, M. do S. S.; BOTELHO, M. G. L.; FURTADO, L. G.; BATISTA, V. de A.; CARNEIRO, C. R. de O.; MORALES, G. P. Impacts of changes in land use and cover in the Municipality of Altamira, Pará. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 8, p. e303985488, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5488>. Disponível em: <https://rsdjurnal.org/index.php/rsd/article/view/5488>. Acesso em: 11 abr. 2025.

SILVA, I. L.; RODRIGUES, T. C. S.; FERNANDES, H. G. P. Monitoramento, por meio de geotecnologias, dos processos de inundação e alagamento na bacia hidrográfica do Rio do Bacuri, Imperatriz-MA. **Geofronter**, [S. l.], v. 10, 2024. DOI: 10.61389/geofronter.v10.8305. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/8305>. Acesso em: 20 out. 2024.

SILVEIRA, M. P. L.; SANTOS, R. R. F. dos; ARAÚJO, L. P.; BRIANEZI, D. Valoração econômica ambiental de desastres naturais ocorridos na regional oeste de Belo Horizonte, MG. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 2020. DOI: 10.59824/rmrh.v1i1.194. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/194>. Acesso em: 26 out. 2024.

SOARES, D. S. **A cidade desigual e a segregação planejada: o caso dos reassentamentos urbanos coletivos em Altamira**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade, Universidade Federal do Pará, Altamira, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/15402/1/Dissertacao_CidadeDesigualSegregacao.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

SOARES, E. A. G.; SIQUEIRA, G. W. Sensoriamento remoto e geoprocessamento como ferramenta de prevenção de risco: mapeamento de áreas suscetíveis à inundação em Anajás-PA. **Revista Observatorio de la Economia Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 8, p. 01-20, 2024. ISSN: 1696-8352. DOI: 10.55905/oelv22n8-015.

SOARES, W. **Chuvas fortes causam inundações em Altamira, no Pará.** A Voz do Xingu, 2025a. Disponível em: <https://avozdoxingu.com.br/chuvas-fortes-causam-inundacoes-em-altamira-no-pará/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SOARES, W. **População de Altamira sofre inundação após chuva.** A Voz do Xingu, 2018. Disponível em: <https://avozdoxingu.com.br/populacao-de-altamira-sofre-inundacao-apos-chuva/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SOARES, W. **Ruas de Altamira são inundadas após forte chuva.** A Voz do Xingu, 2025b. Disponível em: <https://avozdoxingu.com.br/ruas-de-altamira-sao-inundadas-apos-forte-chuva/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

STANGHERLIN, M.; FERRARESI, C. S. Direito à cidade e desastres naturais: o ODS 11 como possibilidade de (re) organização urbana no cenário das pequenas cidades (resilientes). **Reflexões sobre o Direito**, [S. I.], v. 12 n. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.59237/jurisfib.v12i12.516>.

TREVISAN, L. **11 anos depois da maior enchente em Altamira.** 12 abr. 2020. 1 vídeo (5 min 5 s). Publicado pelo canal Repórter Lucas Trevisan. Disponível em: https://youtu.be/DivF_QDCu6E?feature=shared. Acesso em: 11 out. 2024.

VALE DO XINGU. **Chuva deixa ruas alagadas em Altamira (PA).** SBT Altamira. 3 abr. 2024. 1 vídeo (1 min 55 s). Publicado pelo canal Vale do Xingu - SBT Altamira. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c88E3btV8hc>. Acesso em: 11 out. 2024.

XINGU230. **Forte Chuva causa transtornos; ruas e casas foram alagadas em Altamira.** [S. I.]: XINGU230, 2023. Disponível em: <https://www.xingu230.com/noticia/45048/forte-chuva-causa-transtornos-ruas-e-casas-foram-alagadas-em-altamira>. Acesso em: 11 out. 2024.

ZARAMELLA, L. S.; ALVAREZ, W. de P.; VELOSO, G. A.; OLIVEIRA, L. N. de. Doenças de veiculação hídrica e esgotamento sanitário na Amazônia: uma abordagem a partir de Altamira - Pará entre 1992 – 2024. **Revista de Geografia**, [S. I.], v. 15, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2025.v15.44559>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/44559>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ZENG, B.; HUANG, G.; CHEN, W. Research progress and prospects of urban flooding simulation: From traditional numerical models to deep learning approaches. **Environmental Modelling & Software**, [S. I.], v. 183, 2025. ISSN: 1364-8152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106213>.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0