REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES E PLANEJAMENTO URBANO EM DOIS RECORTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: APLICAÇÃO EXPLORATÓRIA DO MODELO HAND

FLOOD SUSCEPTIBILITY AND URBAN PLANNING IN TWO SECTORS OF THE METROPOLITAN REGION OF BELÉM: AN EXPLORATORY APPLICATION OF THE HAND MODEL

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y PLANIFICACIÓN URBANA EN DOS RECORTES DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE BELÉM: APLICACIÓN EXPLORATORIA DEL MODELO HAND

William de Brito Pantoja
Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: william.pantoja@ig.ufpa.br

Gilmar Wanzeller Siqueira
Doutor em Ciências Naturais
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: gilmar@ufpa.br

Marco Valério de Albuquerque Vinagre
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Universidade da Amazônia (UNAMA), Brasil
E-mail: valeriovinagre@gmail.com

Márcia Cristina Freitas da Silva
Doutora em Neurociência e Biologia Celular
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: marciaf@ufpa.br

Ronnie Anderson Nascimento de Farias
Doutor em Ciências da Informação
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: ronnie.farias@ebserh.gov.br

Walmira Ferreira Lopes
Doutoranda em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: walmira.lopes@itec.ufpa.com.br

Manoelson Rodrigues da Silva
Doutorando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: manoelson.rodrigues@cprm.gov.br

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Laura Rafaela da Silva Costa Brito
Mestranda em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: laura.costa.eq@gmail.com

Ambrosia Ribeiro Maia
Mestranda em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: ambrosia@ufpa.br

Raphael de Lima Wanzeller
Graduando em Engenharia Civil
Faculdade Ideal Wyden (FACI WYDEN), Brasil
E-mail: raphaelwan25@gmail.com

Resumo

As inundações e os alagamentos constituem problemas recorrentes na Região Metropolitana de Belém (RMB), no estado do Pará, onde a baixa amplitude do relevo, a influência das marés, a elevada pluviosidade, a urbanização e as desigualdades socioespaciais contribuem para a exposição diferenciada da população a eventos hidrológicos. Este estudo analisa a relação entre suscetibilidade topográfica, vulnerabilidade social e planejamento urbano, com ênfase em dois recortes territoriais: um trecho da Avenida Conselheiro Furtado, em Belém, e um trecho da BR-316, em Marituba. A metodologia combinou revisão documental dos planos diretores municipais, consulta a dados do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), dados maregráficos e processamento geoespacial de Modelo Digital de Elevação disponibilizado pelo TOPODATA/INPE. O modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) foi empregado para produzir uma representação preliminar da suscetibilidade topográfica relativa à drenagem nos dois recortes analisados. Os resultados indicam a presença de áreas topograficamente mais baixas e potencialmente mais suscetíveis à acumulação ou ao transbordamento de água, sem que isso constitua, isoladamente, um mapa integrado de risco. A análise documental evidencia a necessidade de aprimorar a incorporação de diretrizes relacionadas ao mapeamento, à drenagem urbana, à prevenção, à regularização fundiária, à habitação de interesse social, às áreas verdes e ao monitoramento nos planos diretores. O IVS de Renda e Trabalho apresentou valor de 0,356 em 2021, correspondente à faixa de média vulnerabilidade social segundo a classificação do IPEA. Considerando a ausência de validação sistemática com manchas observadas, dados pluviométricos locais, profundidade da água, exposição e vulnerabilidade intraurbana, os resultados devem ser interpretados como subsídios exploratórios ao planejamento e não como base autônoma para zoneamento, remoção de famílias, licenciamento ou execução de obras.

Palavras-chave: Vulnerabilidade socioambiental; Planejamento urbano; Sistema de Informações Geográficas; Modelo HAND; Região Metropolitana de Belém.

.

Abstract

Flooding and waterlogging are recurrent problems in the Metropolitan Region of Belém (RMB), in the state of Pará, where low relief amplitude, tidal influence, high rainfall, urbanization, and socio-spatial inequalities contribute to differentiated population exposure to hydrological events. This study analyzes the relationship among topographic susceptibility, social vulnerability, and urban planning, with emphasis on two territorial units: a stretch of Conselheiro Furtado Avenue in Belém and a stretch of BR-316 in Marituba. The methodology combined documentary review of municipal master plans,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

consultation of Social Vulnerability Index (IVS) data, tidal records, and geospatial processing of a Digital Elevation Model provided by TOPODATA/INPE. The Height Above the Nearest Drainage (HAND) model was used to produce a preliminary representation of topographic susceptibility relative to drainage in the two analyzed areas. The results indicate the presence of lower-lying areas that are potentially more susceptible to water accumulation or overflow, without constituting, by themselves, an integrated risk map. Documentary analysis shows the need to improve the incorporation of guidelines related to mapping, urban drainage, prevention, land regularization, social housing, green areas, and monitoring in the master plans. The IVS for Income and Work reached 0.356 in 2021, corresponding to the medium social vulnerability range according to the IPEA classification. Given the absence of systematic validation with observed inundation footprints, local rainfall data, water depth measurements, exposure data, and intra-urban vulnerability, the results should be interpreted as exploratory inputs for planning rather than as an autonomous basis for zoning, household relocation, licensing, or infrastructure works.

Keywords: Socio-environmental vulnerability**;** urban planning**;** Geographic Information Systems**;** HAND model**;** Metropolitan Region of Belém**.**

Resumen

Las inundaciones y los anegamientos constituyen problemas recurrentes en la Región Metropolitana de Belém (RMB), en el estado de Pará, donde la baja amplitud del relieve, la influencia de las mareas, la elevada pluviosidad, la urbanización y las desigualdades socioespaciales contribuyen a una exposición diferenciada de la población a eventos hidrológicos. Este estudio analiza la relación entre la susceptibilidad topográfica, la vulnerabilidad social y la planificación urbana, con énfasis en dos recortes territoriales: un tramo de la Avenida Conselheiro Furtado, en Belém, y un tramo de la BR-316, en Marituba. La metodología combinó revisión documental de los planes directores municipales, consulta de datos del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), registros mareográficos y procesamiento geoespacial de un Modelo Digital de Elevación proporcionado por TOPODATA/INPE. El modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) fue empleado para producir una representación preliminar de la susceptibilidad topográfica relativa al drenaje en los dos recortes analizados. Los resultados indican la presencia de áreas topográficamente más bajas y potencialmente más susceptibles a la acumulación o al desbordamiento del agua, sin que ello constituya, por sí solo, un mapa integrado de riesgo. El análisis documental evidencia la necesidad de mejorar la incorporación de directrices relacionadas con el mapeo, el drenaje urbano, la prevención, la regularización fundiaria, la vivienda de interés social, las áreas verdes y el monitoreo en los planes directores. El IVS de Renta y Trabajo presentó un valor de 0,356 en 2021, correspondiente al rango de vulnerabilidad social media según la clasificación del IPEA. Considerando la ausencia de validación sistemática con manchas observadas, datos pluviométricos locales, profundidad del agua, exposición y vulnerabilidad intraurbana, los resultados deben interpretarse como insumos exploratorios para la planificación y no como base autónoma para zonificación, reasentamiento de familias, licenciamiento o ejecución de obras

Palabras clave: Socio-environmental vulnerability**;** urban planning**;** Geographic Information Systems**;** HAND model**;** Metropolitan Region of Belém.

1. Introdução

A Região Metropolitana de Belém (RMB), localizada no estado do Pará, é caracterizada por clima equatorial úmido, elevada pluviosidade e condições topográficas que favorecem a ocorrência de inundações (INMET, 1992). Esses eventos causam danos materiais e afetam diretamente a qualidade de vida da

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

população, especialmente dos grupos de baixa renda que vivem em áreas de risco e possuem acesso limitado à infraestrutura básica (Farias; Mendonça, 2022).

Na Amazônia urbana, os transtornos associados a eventos hidrológicos são agravados pela insuficiência da capacidade de suporte urbano e pela fragilidade da gestão territorial. Segundo. Lopes e Andrade (2021), transtornos relacionados a eventos hidrológicos ocorrem na região amazônica, devido à falta de capacidade de suporte e gestão urbana eficiente, e em localidades da RMB, esses problemas são agravados devido ao volume de chuvas torrenciais. Nesse contexto, a análise das vulnerabilidades sociais torna-se fundamental para compreender a magnitude dos impactos desses desastres, uma vez que os grupos mais afetados são, em geral, aqueles que enfrentam maiores dificuldades de acesso a serviços públicos essenciais (Ferreira Fernandes; Palhares; Santos, 2025). A relação entre inundações e vulnerabilidade social exige, portanto, uma abordagem integrada entre planejamento urbano, gestão de riscos e políticas públicas.

Os Planos Diretores podem constituir um instrumento estratégico para a mitigação dos impactos das inundações, desde que incorporem diretrizes específicas sobre uso do solo, drenagem urbana, ocupação de áreas de risco e proteção de populações vulneráveis (Bogo, 2020). No entanto, a efetividade desses planos na RMB ainda é limitada pela baixa integração entre os níveis de governo e pela defasagem das políticas públicas voltadas à gestão de riscos ambientais (Rosa et al., 2025). Assim, é imprescindível a realização de uma análise crítica sobre os Planos Diretores existentes, a fim de identificar suas lacunas e propor soluções mais eficazes para enfrentar as inundações, com foco na redução das vulnerabilidades sociais.

A investigação e a análise das políticas públicas, em especial dos planos diretores, podem contribuir significativamente para a elaboração de um produto técnico que reúna orientações e diretrizes normativas voltadas à mitigação dos riscos e das vulnerabilidades socioambientais que afetam as populações mais expostas aos efeitos adversos dos eventos hidrológicos (Meng, 2021).

Diante esse cenário, este trabalho científico busca contribuir com a comunidade acadêmica e com o poder público por meio da análise das questões hidrológicas, da vulnerabilidade social e dos instrumentos legais de planejamento

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

urbano aplicáveis à RMB. A pesquisa também pretende subsidiar a formulação de normas mais consistentes para os Planos Diretores municipais, com foco na redução das vulnerabilidades socioambientais associadas às inundações**.**

O estudo tem como objetivo analisar, de forma exploratória, a relação entre a suscetibilidade topográfica a processos de inundação, a vulnerabilidade social agregada e o conteúdo normativo dos planos diretores municipais na Região Metropolitana de Belém. A análise geoespacial concentra-se em dois recortes territoriais, um trecho da Avenida Conselheiro Furtado, em Belém, e um trecho da BR-316 em Marituba, enquanto a análise social utiliza dados agregados do Índice de Vulnerabilidade Social. No âmbito jurídico-documental, examina-se a presença e a qualidade das diretrizes relacionadas ao art. 42-A do Estatuto da Cidade, sem atribuir eficácia ou efetividade aos planos na ausência de dados sobre implementação, orçamento, fiscalização e resultados territoriais.

2. Revisão da Literatura

2.1 Regulamentação Jurídica

Segundo Oguisso e Schmidt (1999), o comportamento humano é regido por leis, estabelecidas para manter o equilíbrio social. Essas leis, que compõem a legislação, são, conforme França (1977), a principal fonte do direito na civilização ocidental. Nader (2014) define a lei como a forma moderna do direito positivo, um ato do poder legislativo que reflete aspirações coletivas e é aplicado pelos órgãos estatais.

A Constituição Federal de 1988 (CF) estabelece direitos individuais e coletivos, e seu artigo 182 define diretrizes para a política de desenvolvimento urbano. O Estatuto da Cidade, Lei n° 10.257/2001, regulamenta o artigo 182 da CF, e conforme Senatus (2008), inclui o Plano Diretor como instrumento relevante para o planejamento municipal.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Lei nº 12.608/2012, introduziu o artigo 42-A, que exige dos municípios planos diretores com parâmetros de uso do solo, mapeamento de áreas suscetíveis a desastres, ações preventivas, realocação

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

de populações em risco, medidas de drenagem urbana, regularização fundiária e preservação de áreas verdes.

2.2 Vulnerabilidade Social

A vulnerabilidade social é compreendida como a combinação entre baixa disponibilidade de ativos, restrição de oportunidades e dificuldade de acesso a serviços públicos essenciais. Nesse sentido, ela não se limita à pobreza monetária, mas envolve também dimensões como infraestrutura urbana, saúde, educação, trabalho e renda.

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), baseado nos indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, destaca diversas situações de exclusão e vulnerabilidade social, indo além da mera insuficiência de recursos monetários. O IVS é um índice sintético que agrega indicadores do bloco de vulnerabilidade social do ADH, apresentados por meio de cartogramas e estruturados em diferentes dimensões, servindo como suporte para identificar áreas com sobreposição de situações de exclusão e vulnerabilidade social. Isso visa orientar gestores públicos no delineamento de políticas mais alinhadas às necessidades desses territórios (IPEA, 2015).

O IVS e o Atlas da Vulnerabilidade Social (AVS) dos municípios e regiões metropolitanas brasileiras resultam da seleção, desenvolvimento e georreferenciamento de indicadores que revelam condições de vulnerabilidade social em diversas escalas do território brasileiro, decorrentes de fatores como trabalho e renda, educação e saúde, transporte, habitação e saneamento (Costa et al., 2018).

2.3 Tábua de Maré

As Tábuas de Marés referem-se ao estudo das variações do nível do mar, com foco nas marés e seus impactos no ambiente costeiro. Como o movimento oscilatório do nível do mar, no processo das marés, se realiza de forma organizada,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

em função dos componentes harmônicos característicos de cada região ou porto, é possível efetuar com a devida antecedência os cálculos das marés, determinando a hora e a altura das marés nos instantes da preamar e baixa-mar da respectiva área ou porto (Wang, Golparvar; Mark, 2022). A previsão das marés é essencial para navegação, pesquisa oceanográfica e gestão costeira.

Para fazer a previsão de maré, é necessário analisar o registro para componentes de determinadas frequências, utilizando a análise de Fourier (1822), que decompõe o sinal de maré em componentes harmônicos, permitindo prever seu comportamento em um local e período específicos (Franco, 1997). Então, utilizando-se resultados da Teoria de Equilíbrio, determina-se uma amplitude e uma fase para cada constituinte no local.

Na equação abaixo (1) podemos observar: f_j e β_j são características de cada constituinte, determinadas pela Teoria de Equilíbrio e funções do tempo *t*; σ_j são as velocidades angulares das diversas constituintes de maré, dadas também pela Teoria de Equilíbrio; H_j e G_j são as constantes harmônicas de cada constituinte, sendo dadas pela análise harmônica de maré.

$$n = \sum_j f_j \; H_j \; cos(\sigma_j \; t + \; \beta_j - \; G_j) \; (1)$$

2.4 Inundação

A inundação é um fenômeno climático que pode causar impactos ambientais e sociais significativos em diversas regiões do mundo. Esses fenômenos, que resultam do acúmulo excessivo de água em áreas urbanas e rurais, podem ser provocados por chuvas intensas, transbordamento de rios ou o aumento do nível do mar (Rocha, 2011). Esse evento, resultante do acúmulo excessivo de água em áreas urbanas e rurais, podem ser provocados por chuvas intensas, transbordamento de rios ou o aumento do nível do mar (Liu; Mostafavi, 2023). Sua dinâmica é complexa, envolvendo tanto fatores naturais quanto antrópicos, como a urbanização desordenada, a impermeabilização do solo e a degradação de áreas de drenagem natural (Gopalan, 2022).

O impacto destes eventos é particularmente severo em áreas urbanas, onde a infraestrutura inadequada e o crescimento descontrolado das cidades dificultam a drenagem eficiente das águas pluviais. A falta de sistemas de drenagem e o

CC BY

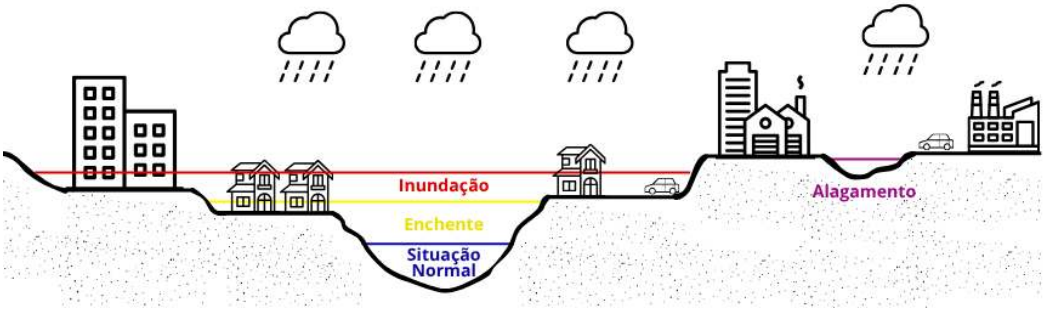
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

assoreamento de rios e canais agravam o problema, aumentando a vulnerabilidade das populações, especialmente aquelas em situação de risco social e econômico (Carvalho, 2007). Além disso, os danos materiais, como a destruição de propriedades, e as perdas humanas, associadas a deslizamentos de terra e afogamentos, são consequências graves dessas calamidades (Freitas, 2015).

A inundação caracteriza-se pelo transbordamento das águas de um canal de drenagem, afetando as áreas marginais, como as planícies de inundação ou as várzeas (Ferraz, 2021). Esses fenômenos frequentemente se intensificam devido a chuvas fortes e rápidas ou de longa duração, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Representação do fenômeno inundação.



Fonte: Crédito dos autores, (2026).

3. Metodologia

3.1 Área de Estudo

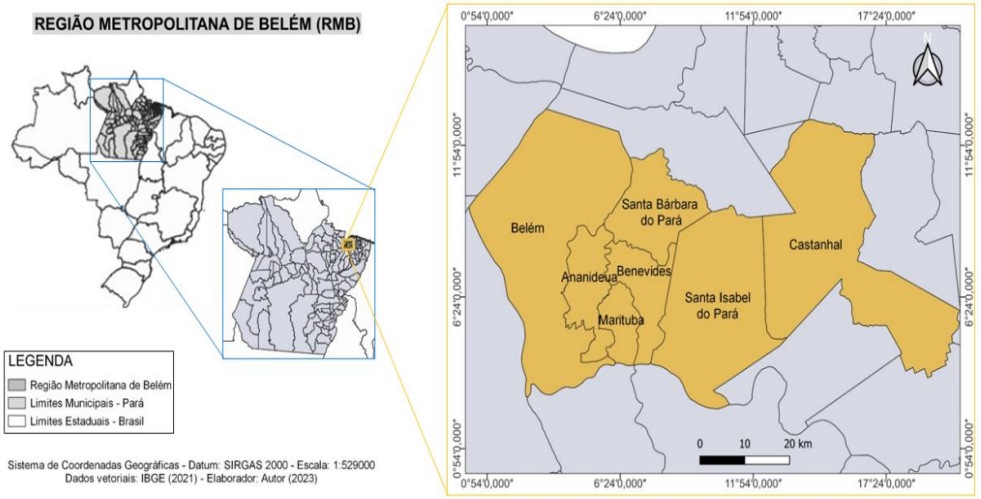
O estudo foi desenvolvido **na** Região Metropolitana de Belém (RMB)**,** localizada no estado do Pará, com área territorial de 3.566,203 km² e população distribuída entre os municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará e Castanhal (IBGE, 2022). A escolha da área se justifica pela recorrência de eventos de inundação, pela ocupação urbana em áreas de baixada e pela presença de desigualdades socioespaciais que ampliam a vulnerabilidade da população exposta.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Apesar da ampla extensão territorial da área de estudo, isso não impacta significativamente o objetivo do trabalho, visto que os municípios que integram a RMB compartilham, em geral, dinâmicas climatológicas semelhantes que geram iscos e desastres comuns. Nesse contexto, as normas e metodologias propostas neste estudo fornecerão suporte adequado aos sete municípios mencionados.

3.2 Base de dados

Foram utilizados dados cartográficos, hidrológicos, demográficos, legais e socioeconômicos. As principais fontes incluíram:

- IBGE, para dados territoriais e populacionais;
- TOPODATA/INPE, para o Modelo Digital de Elevação (MDE);
- Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/Marinha do Brasil), para os registros maregráficos;
- Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS/IPEA), para a análise socioeconômica;
- Planos Diretores municipais e legislação correlata, para a avaliação normativa;
- Bases cartográficas e imagens de apoio de Google Earth e demais ferramentas geoespaciais.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

3.3 Tratamento dos dados maregráficos

Os dados de maré foram obtidos no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), mantido pela Marinha do Brasil por meio do Centro de Hidrografia da Marinha. Esses dados foram empregados para apoiar a leitura da influência das variações do nível d'água na dinâmica de inundação da RMB, especialmente em áreas de baixa cota topográfica e drenagem urbana sensível às oscilações maregráficas.

3.4 Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações

O mapeamento das áreas suscetíveis a inundações foi realizado com base no modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), integrado a ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O HAND foi utilizado como método de triagem espacial para identificar áreas topograficamente mais vulneráveis à acumulação de água e ao extravasamento de cursos d'água.

O procedimento metodológico envolveu as seguintes etapas:

- obtenção e preparação do Modelo Digital de Elevação (MDE);
- correção hidrológica do relevo, com eliminação de inconsistências e preenchimento de depressões;
- definição da rede de drenagem e do fluxo superficial;
- cálculo da diferença de altura entre cada ponto do terreno e o canal de drenagem mais próximo;
- classificação das áreas com maior suscetibilidade à inundação.

O produto cartográfico final permitiu identificar zonas de maior exposição, sobretudo em áreas de baixada e próximas aos corpos d'água urbanos. Por fim, o valor HAND foi gerado, representando a elevação de um ponto em relação à drenagem mais próxima, permitindo a visualização das áreas suscetíveis e subsidiando estratégias de adaptação e redução de risco.

Este estudo concentrou-se em duas subáreas específicas para desenvolver uma metodologia de mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, visando estabelecer procedimentos replicáveis para outras regiões com riscos semelhantes.

CC BY

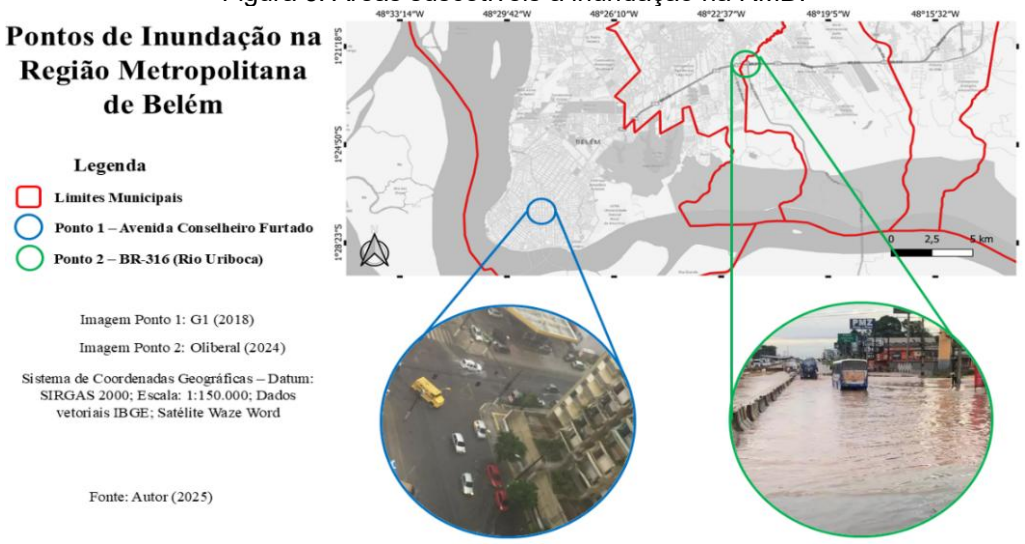
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

As áreas selecionadas estão localizadas em municípios distintos (Figura 3). A primeira situa-se entre os rios Mocajatuba e Uriboca, na Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, em Marituba, região frequentemente inundada durante períodos de alta pluviosidade, o que compromete a transitabilidade da BR-316, principal via do município. A segunda área abrange o perímetro da Avenida Conselheiro Furtado, entre a Travessa Quintino Bocaiúva e a Avenida Alcindo Cacela, em Belém, inserida na Bacia Hidrográfica da Estrada Nova e sujeita a inundações recorrentes.

Foram utilizadas bases cartográficas do IBGE, Google Earth e Waze Word, além de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) da plataforma TOPODATA/INPE. O Modelo HAND (Height Above Nearest Drainage) foi aplicado para mapear áreas suscetíveis a inundações na RMB, sendo uma ferramenta essencial para planejamento urbano, gestão de desastres e conservação ambiental (Rennó et al., 2008).

Figura 3: Áreas suscetíveis a inundação na RMB.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

O processo iniciou-se com a correção do MDE, ajustando-o para refletir com precisão o terreno natural, eliminando distorções que poderiam comprometer a análise (Nobre et al., 2016; Nobre et al., 2011). Em seguida, determinou-se a direção do fluxo da água, mapeando inclinações e declives para prever áreas afetadas por chuvas intensas. Em seguida, foi calculado o índice HAND — Height Above the Nearest Drainage —, que representa a diferença vertical entre cada célula do modelo digital de elevação e a drenagem mais próxima à qual essa célula está

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

hidrologicamente conectada. Valores menores de HAND indicam áreas topograficamente mais próximas da rede de drenagem e, portanto, potencialmente mais suscetíveis à acumulação, ao transbordamento ou à propagação de água, dependendo das condições hidrológicas locais.

O HAND não representa, isoladamente, a capacidade de retenção ou absorção de água do terreno, nem simula a intensidade da precipitação, a vazão, a profundidade, a velocidade do escoamento ou a capacidade da rede de drenagem urbana. Por fim**,** O HAND foi empregado como ferramenta de triagem espacial e identificação preliminar de áreas suscetíveis, não como substituto de calibração hidrológica de campo. Assim, sua função neste estudo é subsidiar o planejamento urbano e não produzir validação hidrodinâmica definitiva.

3.5 Avaliação dos impactos socioambientais

A avaliação dos impactos socioambientais foi realizada por meio do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), elaborado pelo IPEA com base nos indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH). O índice foi empregado como medida de contexto social para identificar desigualdades territoriais e grupos mais expostos a condições urbanas adversas.

O IVS é composto por três dimensões principais:

- Infraestrutura Urbana;
- Capital Humano;
- Renda e Trabalho.

O IVS foi analisado conforme o Quadro 1.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

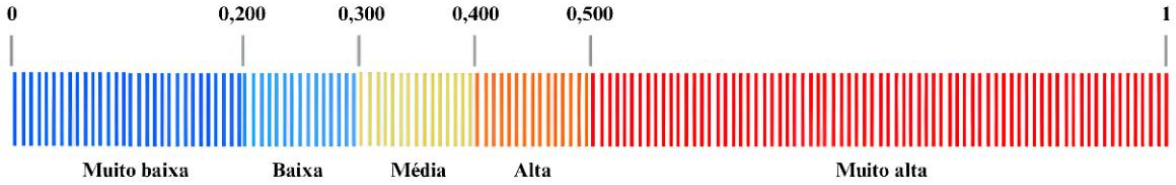
Quadro 1: Detalhes do Índice de Vulnerabilidade Social.

Índice de Vulnerabilidade Social	Descrição
Infraestrutura Urbana	Aborda as condições de acesso ao saneamento básico e mobilidade urbana, fatores que impactam de maneira significativa o bem-estar da população.
Capital Humano	Envolve as questões de saúde e educação, aspectos que determinam de maneira direta as perspectivas atuais e futuras de inclusão social.
Renda e Trabalho	Agrupa indicadores de renda e outros que possam configurar uma situação de insegurança de renda.

Fonte: Adaptado de Castellano (2016).

O IVS visou indicar a aquisição, ausência ou insuficiência de determinados "ativos" no Brasil, os quais, em princípio, deveriam estar acessíveis a todos os cidadãos por meio da atuação estatal. Os indicadores foram estabelecidos através dos Censos Demográficos do IBGE, dos anos 2000 e 2010 e foram normalizados na escala de 0 a 1, onde o zero corresponde à situação ideal e o 1, à pior situação, dando origem aos valores do IVS, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Valores e classificação de vulnerabilidade de acordo com o IVS.



Fonte: Copilado de IPEA (2016).

3.6 Análise normativa dos Planos Diretores

A análise dos Planos Diretores municipais teve como objetivo verificar em que medida os instrumentos legais da RMB incorporam diretrizes relacionadas à prevenção e à redução de riscos de inundação. Foram examinados os documentos legais dos sete municípios da RMB, com foco especial nas disposições sobre uso e ocupação do solo, drenagem urbana, mapeamento de risco, regularização fundiária e proteção de áreas verdes.

A interpretação normativa considerou:

- o art. 182 da Constituição Federal;
- a Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade);

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

- a Lei nº 12.608/2012 (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil);
- e os Planos Diretores municipais vigentes.

Este tópico teve como objetivo compreender de que maneira o poder público enfrenta os problemas climáticos no contexto do planejamento urbano. Para tanto, foram analisados documentos oficiais dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Belém, com foco nas políticas públicas relacionadas à infraestrutura, bem como na relação entre a existência de planos diretores e o que efetivamente ocorre no espaço geográfico.

A efetividade desses planos como instrumentos de governança do risco climático depende, contudo, da integração explícita de diretrizes sobre vulnerabilidade socioambiental, mapeamento de zonas de risco hidrológico e articulação com os sistemas municipais de proteção e defesa civil (Bogo, 2020; Rosa et al., 2025). Na Região Metropolitana de Belém, esse imperativo adquire especial relevância dado o regime pluviométrico equatorial e a configuração morfológica das várzeas e igapós, que amplificam a exposição das populações urbanas a eventos de inundação de alta frequência e magnitude, agravados pela urbanização desordenada e pela insuficiência dos sistemas de macrodrenagem (Lopes e Andrade, 2021; Farias e Mendonça, 2022).

Cabe distinguir, no âmbito conceitual deste trabalho, duas dimensões complementares das estratégias de enfrentamento das mudanças climáticas frequentemente tratadas de forma indistinta na literatura. A mitigação climática refere-se, em sentido estrito, às ações orientadas à redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) ou ao incremento dos sumidouros de carbono, conforme definição consolidada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022). A adaptação climática, por sua vez, engloba os ajustes nos sistemas naturais, humanos e institucionais em resposta a impactos climáticos observados ou projetados — categoria na qual se inserem as políticas de gestão de risco de inundações aqui analisadas. Neste estudo, o termo "mitigação" é empregado exclusivamente em sua acepção técnica relativa às emissões de GEE, ao passo que as medidas de controle de cheias e drenagem urbana são tratadas como estratégias

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

de adaptação, em consonância com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC — Lei nº 12.187/2009).

Entre os principais documentos a serem analisados estão a Constituição Federal de 1988, as Leis Federais nº 10.257/2001 e nº 12.608/2012, além dos Planos Diretores de cada município (Quadro 2), com o intuito de examinar os planos de ação e políticas públicas voltadas para eventos de natureza hidrológica.

Quadro 2: Planos Diretores dos municípios pertencentes a RMB

Município	Lei	Descrição
Belém	Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008.	Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências.
Ananindeua	Lei nº 2.237, de 06 de outubro de 2006.	Institui o Plano Diretor do Município de Ananindeua e dá outras providências.
Marituba	Lei nº 483, de 13 de novembro de 2020.	Dispõe sobre a atualização do Plano Diretor Participativo do Município de Marituba, o sistema e processo de planejamento e gestão do desenvolvimento urbano
Benevides	Lei n° 1.031, de 11 de outubro de 2006.	Dispõe sobre o ordenamento territorial do Município de Benevides, e dá outras providências.
Santa Bárbara do Pará	Lei n° 091, de 05 de outubro de 2006.	Institui o Plano Diretor do Município de Santa Bárbara do Pará e dá outras providências.
Santa Izabel do Pará	Lei n° 071, de 05 de outubro de 2006.	Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Santa Izabel do Pará
Castanhal	Lei n° 015, de 04 de outubro de 2006.	Dispõe sobre o plano diretor para o período de 2007-2016; e dá outras providências.

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

3.7 Procedimentos de análise

Os dados coletados foram organizados, cruzados e interpretados de forma integrada, combinando:

- leitura documental da legislação;
- análise geoespacial das áreas suscetíveis;
- interpretação dos indicadores sociais;
- e síntese dos achados para formulação de diretrizes normativas.

A integração entre essas etapas permitiu relacionar a vulnerabilidade física do território com a vulnerabilidade social da população exposta.

3.8 Limitações metodológicas

O estudo não teve como objetivo realizar calibração hidrológica de campo nem modelagem hidrodinâmica em escala detalhada. O uso do HAND foi adotado como

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

ferramenta de apoio ao diagnóstico territorial e ao planejamento urbano, com foco na identificação preliminar de áreas suscetíveis a inundações.

Da mesma forma, a análise do IVS foi utilizada como indicador de contexto socioeconômico e não como medida direta de risco hidrológico. Sua função no estudo foi apoiar a compreensão das desigualdades territoriais que ampliam a vulnerabilidade das populações expostas

4. Resultados e Discussão

A vulnerabilidade social é compreendida como um descompasso entre as estruturas de ativos e de oportunidades. Esse descompasso decorre da capacidade desigual dos atores sociais de melhorar suas condições de vida e de acessar recursos essenciais, incluindo recursos pessoais, legais e sociais (Kaztman, 2001). No contexto da Região Metropolitana de Belém, essa vulnerabilidade se expressa de forma mais intensa em áreas com baixa renda, precariedade habitacional, carência de saneamento e maior exposição a inundações.

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), baseado nos indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, permite identificar situações de exclusão e vulnerabilidade social que vão além da insuficiência de renda (Dos Reis; Loayza, 2023). Como índice sintético, o IVS organiza informações em dimensões que ajudam a compreender a distribuição territorial das desigualdades e a apoiar políticas públicas mais focalizadas **(**IPEA, 2015).

O IVS e o Atlas da Vulnerabilidade Social (AVS) resultam do georreferenciamento de indicadores que expressam condições de vulnerabilidade em diferentes escalas territoriais, especialmente nas dimensões de trabalho e renda, educação, saúde, habitação, transporte e saneamento (Dos Reis; Loayza, 2023). Essas dimensões são especialmente relevantes para avaliar a capacidade adaptativa de populações expostas a eventos hidrológicos recorrentes**.** Essas condições podem surgir a partir de diferentes fatores sociais, como os contextos de trabalho e renda, educação e saúde, condições de transporte, habitação e saneamento (Costa, 2018).

O IPEA calculou o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para 5.565

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

municípios e 20 Regiões Metropolitanas, incluindo a Região Metropolitana de Belém, com o objetivo de compreender aspectos da realidade socioeconômica de cada região no nível intramunicipal (IPEA, 2015). No Quadro 3, podem ser observados os valores obtidos para os três ativos principais, cuja posse ou privação determinam o bem-estar da população da RMB.

Quadro 3: Série histórica dos valores do Índice de Vulnerabilidade Social da Região Metropolitana de Belém, 2000–2021

Ano	IVS	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho
2000	0,456	0,437	0,461	0,470
2010	0,351	0,380	0,340	0,333
2011	0,287	0,305	0,268	0,287
2012	0,271	0,297	0,251	0,265
2013	0,309	0,353	0,282	0,293
2014	0,270	0,302	0,238	0,271
2015	0,246	0,211	0,235	0,290
2016	0,239	0,228	0,196	0,294
2017	0,244	0,229	0,207	0,297
2018	0,248	0,242	0,205	0,297
2019	0,255	0,237	0,220	0,307
2020	0,245	0,237	0,198	0,299
2021	0,263	0,237	0,194	0,356

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

O IPEA calculou o IVS para os municípios e regiões metropolitanas brasileiras, permitindo comparações temporais e territoriais sobre a vulnerabilidade social. Na Região Metropolitana de Belém, os dados indicam redução do IVS geral ao longo da série, mas com persistência de fragilidades em componentes específicos, sobretudo renda e trabalho.

No período mais recente apresentado no quadro 3 acima, o IVS geral passou de 0,245 em 2020 para 0,263 em 2021, sinalizando leve aumento da vulnerabilidade social. A dimensão infraestrutura urbana permaneceu em 0,237, enquanto capital humano apresentou ligeira redução, passando de 0,198 para 0,194. Em contraste, renda e trabalho aumentou de 0,299 para 0,356, revelando agravamento das dificuldades associadas à inserção produtiva e à segurança econômica. O IVS da dimensão Renda e Trabalho alcançou 0,356 em 2021, valor classificado como média vulnerabilidade social na escala do IPEA, situada entre 0,301 e 0,400, o que indica uma vulnerabilidade média mais significativa nesta dimensão, evidenciando desafios persistentes na geração e garantia de renda e emprego para a população local.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

O IVS foi utilizado como indicador de contexto socioeconômico e não como medida direta de risco de inundação. Sua função no estudo é demonstrar como desigualdades estruturais podem ampliar a vulnerabilidade das populações expostas aos eventos hidrológicos.

Alguns estudos realizados apontam que regiões metropolitanas amazônicas enfrentam dificuldades estruturais vinculadas à precariedade no acesso ao trabalho formal e renda estável, que agravam os riscos socioambientais diante de eventos extremos, como enchentes (Kayaga et al., 2021; Dos Reis; Loayza, 2023). Além disso, a manutenção de um IVS relativamente elevado em renda e trabalho reforça a necessidade de políticas públicas integradas que promovam inclusão produtiva e segurança econômica específicas para os contextos locais vulneráveis (Castellano, 2016; IPEA, 2015).

No contexto da RMB, onde a vulnerabilidade social está associada também às condições ambientais e urbanísticas, essas disparidades econômicas podem comprometer a capacidade adaptativa das comunidades frente a eventos de risco como inundações, apontando para a necessidade de intervenções territorialmente específicas que envolvam infraestrutura adequada, acesso facilitado a serviços públicos e geração de emprego digno (Ferreira Fernandes, Palhares e Santos, 2025; Farias e Mendonça, 2022).

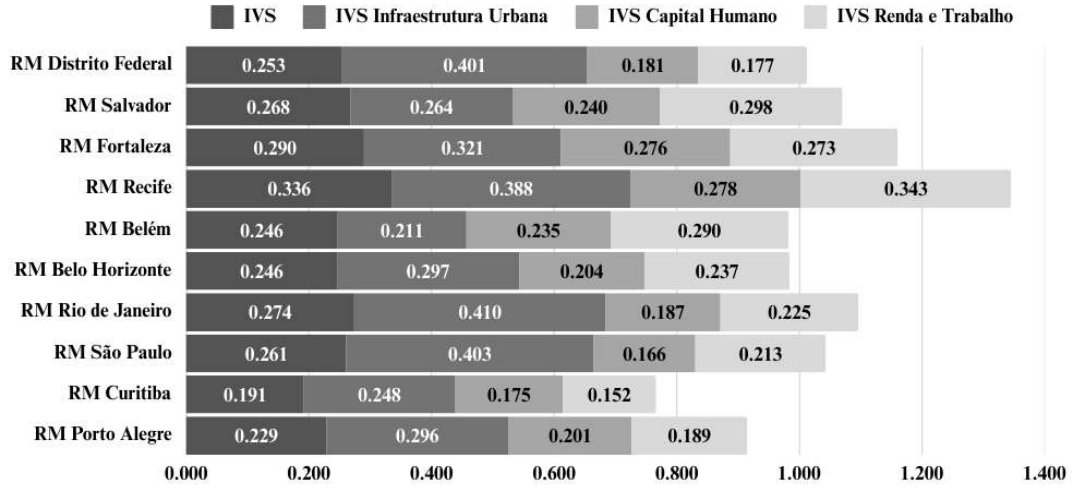
Em 2015, a Região Metropolitana de Belém apresentou um dos menores valores de IVS entre as regiões metropolitanas brasileiras, ficando abaixo da maioria das metrópoles analisadas e atrás apenas de Curitiba e Porto Alegre, conforme os dados apresentados na Figura 5. Essa posição relativa, contudo, não elimina as desigualdades internas observadas na RMB, especialmente quando se considera a distribuição espacial da infraestrutura urbana e da renda entre seus municípios.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Figura 5: Valores de IVS de 2015 das Regiões Metropolitanas do Brasil



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

A constância na vulnerabilidade da infraestrutura urbana, apesar dos avanços técnicos no planejamento, evidencia lacunas na operacionalização de políticas públicas que agreguem participação social e integração entre os níveis municipais para efetiva mitigação dos riscos (Bogo, 2020; Rosa et al., 2025).

A melhoria no panorama quantitativo geral da Região Metropolitana de Belém pode ser atribuída à redução da desigualdade observada em todo o Brasil durante a década de 2000 (IPEA, 2012). De acordo com o órgão e a análise realizada no trabalho de Castellano (2016), embora os níveis de desigualdade no país ainda estejam entre os mais elevados do mundo, houve uma redução a partir de 2001, acompanhada pela diminuição da pobreza (IPEA, 2012). Essa tendência é evidenciada pelo próprio IPEA, que registra um aumento acumulado de 16,6% na renda per capita dos 10% mais ricos entre 2001 e 2011, enquanto a renda dos mais pobres apresentou um expressivo crescimento de 91,2% no mesmo período (IPEA, 2012; Castellano, 2016).

Ao analisar individualmente os municípios da Região Metropolitana de Belém, observam-se diferenças relevantes na distribuição da vulnerabilidade social. Belém, Castanhal e Santa Izabel do Pará apresentaram, em 2010, níveis intermediários de vulnerabilidade na dimensão infraestrutura urbana, o que reforça a necessidade de políticas públicas territorialmente diferenciadas. Essa heterogeneidade espacial indica que os Planos Diretores não devem adotar uma abordagem genérica, mas sim

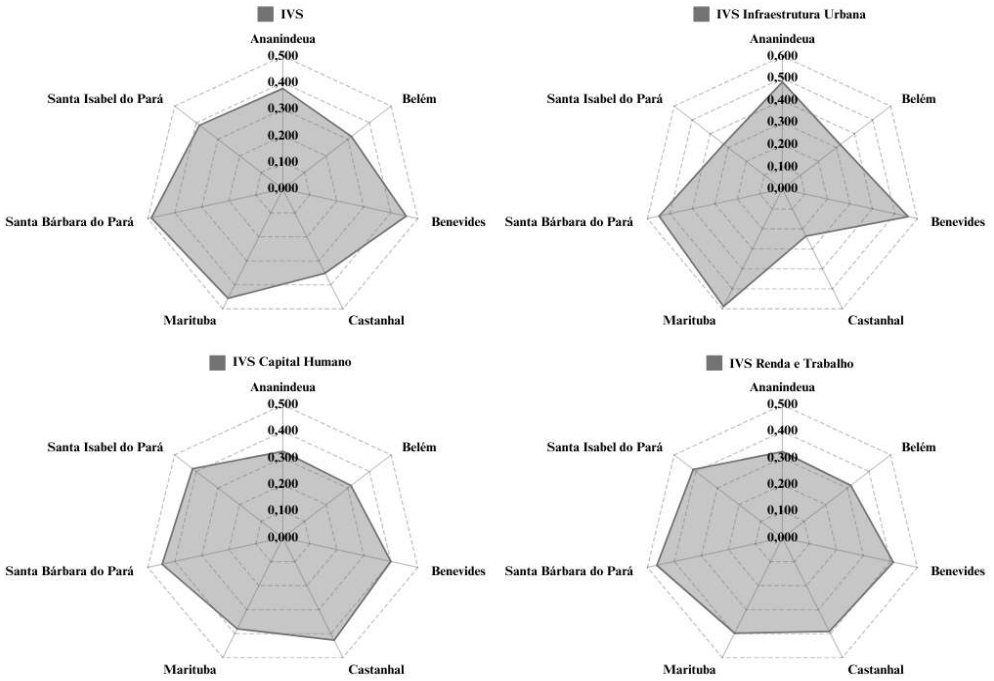
CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

incorporar diagnósticos específicos sobre infraestrutura, saneamento e ocupação do solo em cada município, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Valores de IVS de 2010 dos municípios RMB.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Analisando a Figura 7, observa-se a disparidade espacial da vulnerabilidade social dentro da região, evidenciando a necessidade de políticas públicas diferenciadas e focalizadas que considerem essas variações inframunicipais. Municípios com IVS mais elevado tendem a apresentar deficiências em saneamento, habitação e acesso a serviços básicos, que influenciam diretamente a exposição e a capacidade de recuperação das populações diante de desastres naturais. Essa evidência destaca a importância do uso do IVS como ferramenta orientadora para a formulação e aprimoramento dos Planos Diretores municipais, de modo a priorizar ações que enfrentem as vulnerabilidades estruturais que impactam a segurança e o bem-estar social dos habitantes na RMB.

Dados mais recentes reforçam a persistência da vulnerabilidade social em Belém, especialmente nos segmentos populacionais expostos à precariedade habitacional, à insegurança alimentar e à insuficiência de renda. Esses elementos ampliam a exposição a eventos extremos e reduzem a capacidade de resposta das famílias diante de inundações e outros desastres. Indicadores sociais recentes, como

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

o crescimento da população em situação de rua, reforçam a permanência de fragilidades estruturais relacionadas à moradia, trabalho e acesso a serviços públicos essenciais.

A análise dos Planos Diretores dos municípios da RMB evidenciou lacunas importantes no tratamento da gestão de riscos e desastres naturais. Embora Belém, Santa Izabel do Pará e Castanhal mencionem, ainda que de forma pontual, questões relacionadas a inundações, tais dispositivos permanecem insuficientes diante da complexidade dos desafios socioambientais da região. A ausência de diretrizes integradas para mapeamento de áreas de risco, drenagem urbana, reassentamento populacional e articulação com a defesa civil compromete a capacidade desses instrumentos de apoiar a adaptação urbana e a redução da vulnerabilidade

De maneira geral o estudo avalia o conteúdo normativo dos Planos Diretores, e não sua implementação concreta. Assim, a ausência de diretrizes mais detalhadas no texto legal é um achado da pesquisa, não uma inferência sobre a execução administrativa.

A Constituição Federal de 1988, o Estatuto da Cidade e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil formam o principal arcabouço legal para a gestão urbana e a redução de riscos no Brasil. Nesse conjunto normativo, o artigo 42-A do Estatuto da Cidade estabelece que os Planos Diretores dos municípios com áreas suscetíveis a desastres devem conter mapeamento de risco, ações preventivas, medidas de drenagem urbana, diretrizes de regularização fundiária e preservação de áreas verdes.

Os dados maregráficos foram utilizados para apoiar a leitura das áreas suscetíveis a inundações na RMB, considerando a influência das variações de nível d'água sobre a ocupação urbana e a drenagem. Conforme ilustrado na Figura 7, os registros das máximas preamar e mínimas baixa-mar ao longo dos último 20 anos, disponibilizados pelo BNDO e pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

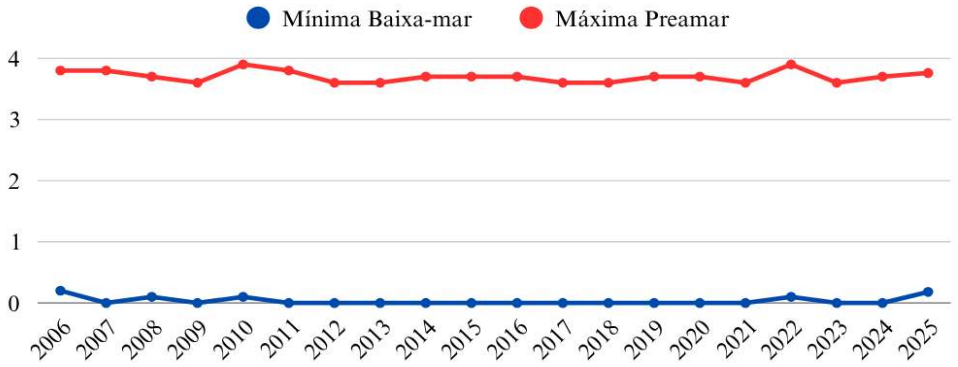
Esses registros subsidiaram a delimitação das manchas de inundação e reforçaram a necessidade de incorporar parâmetros hidrológicos no planejamento territorial.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Figura 7: Registro histórico das cotas de maré na RMB.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

As Figuras 9 e 10 apresentam a distribuição espacial das classes de suscetibilidade topográfica relativa à drenagem, obtidas mediante a aplicação exploratória do modelo HAND nos dois recortes selecionados. As classes representam intervalos de elevação relativa à drenagem mais próxima e não equivalem, isoladamente, à extensão observada de uma inundação, a um mapa de perigo ou a um mapa integrado de risco. Os mapas possuem caráter exploratório e não devem ser utilizados isoladamente para decisões de zoneamento, licenciamento, remoção de moradores, reassentamento, definição de áreas de risco ou execução de obras. Sua utilização administrativa deverá ser precedida de validação técnica complementar, incluindo dados altimétricos locais, registros de ocorrências, informações de drenagem, dados pluviométricos e análise da exposição e da vulnerabilidade da população.

A aplicação do modelo HAND permitiu identificar áreas suscetíveis a inundações em regiões de baixada e em áreas próximas aos cursos d'água, nas quais a baixa cota altimétrica amplia a exposição aos eventos hidrológicos. Os mapas produzidos evidenciam que a vulnerabilidade física se sobrepõe, em muitos casos, a áreas com maior concentração populacional e precariedade socioeconômica. Esses resultados indicam que o HAND é útil como ferramenta preliminar de triagem espacial e apoio ao planejamento urbano, especialmente quando combinado a informações sociais e legais

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

A ação possibilitou a visualização de áreas atingidas pela água, representadas pela mancha vermelha. Observa-se que uma porção significativa é afetada quando o nível do rio atinge essa elevação extrema.

Os mapas apresentados ilustram as áreas afetadas pelas inundações quando o nível do rio atinge a cota de 3,9 metros, destacando, em particular, as regiões de baixada, que são as mais vulneráveis devido à sua elevação inferior a 4 metros e à proximidade com canais e cursos d'água que cortam a cidade. Essas áreas apresentam riscos elevados, especialmente em regiões densamente povoadas, onde os impactos socioambientais das inundações podem ser devastadores. A vulnerabilidade da população local inclui, por exemplo, o comprometimento das condições de vida, a perda de infraestrutura e o agravamento das desigualdades sociais, tornando o mapeamento de inundações uma ferramenta essencial para a gestão eficaz do risco (Ajtai et al., 2023).

A análise dos mapas apresentados nas figuras 9 e 10, que mostram as áreas suscetíveis a inundações na Região Metropolitana de Belém (RMB) usando o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), evidencia a vulnerabilidade espacial concentrada em regiões de baixada e proximidade aos cursos d'água, caracterizadas por baixa elevação e risco elevado de alagamentos. Essas áreas correspondem a zonas urbanas densamente povoadas, o que potencializa os impactos socioambientais, inclusive sobre populações vulneráveis.

Esta correlação espacial da vulnerabilidade hídrica com a precariedade socioambiental tem sido destacada tanto por autores brasileiros quanto internacionais. Por exemplo, Carvalho (2007) discute que a insuficiência de infraestrutura urbana, especialmente sistemas de drenagem, agrava os impactos das inundações em áreas urbanas de baixa renda, um aspecto visualizado nos mapas das figuras 9 e 10. Similarmente, Freitas (2015) aponta que desastres hidrológicos em áreas de baixada destinam-se a provocar perdas humanas e danos materiais significativos, enfatizando a necessidade de planejamento urbano integrado.

CC BY

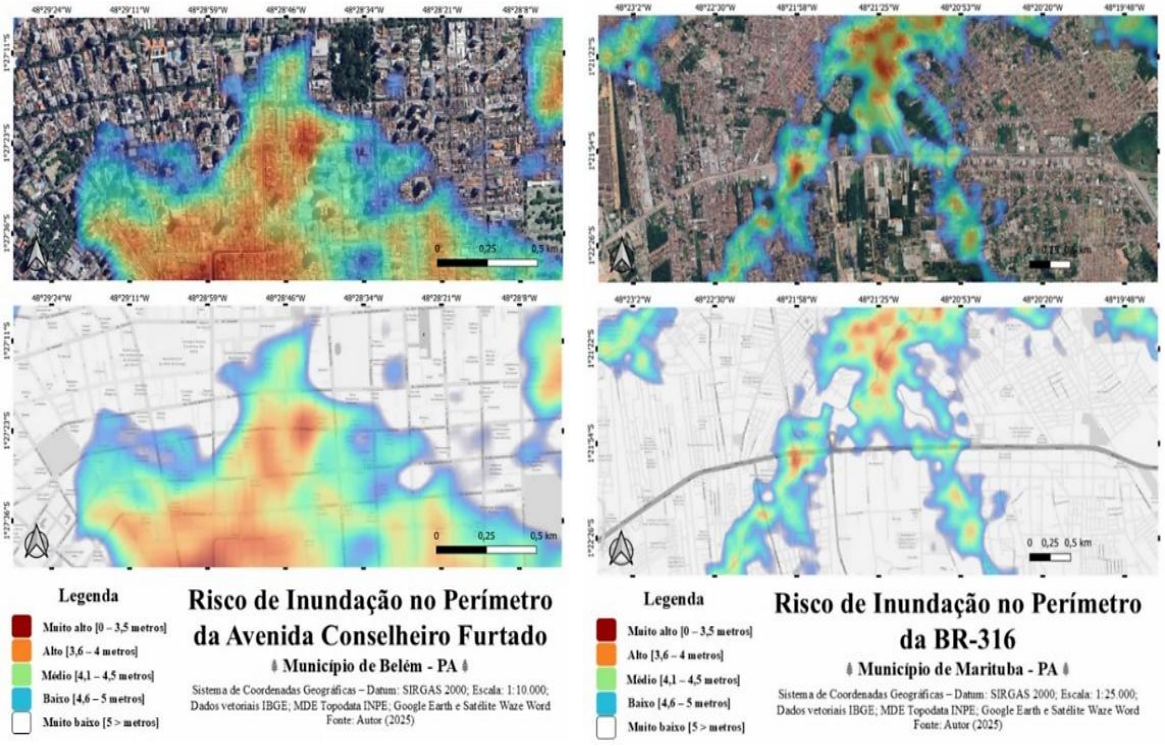
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Internacionalmente, Gopalan (2022) destaca que a urbanização desordenada e impermeabilização do solo aumentam o escoamento superficial, intensificando riscos de inundações, que afetam sobretudo grupos socialmente vulneráveis de acordo com Kayaga et al., (2021). Assim, esses mapas sinalizam não somente a dimensão ambiental de risco, mas a interdependência com contextos sociais que determinam a capacidade de adaptação das comunidades.

A utilização do modelo HAND para mapear áreas críticas é uma ferramenta reconhecida globalmente por sua eficácia e baixo custo para a identificação de regiões de risco hídrico, conforme Renn et al. (2008) e Mohanty, Mudgil e Karmakar (2020). No entanto, os autores ressaltam que a aplicação prática deve ser acompanhada de políticas públicas que integrem planejamento urbano, infraestrutura adequada e inclusão social para a redução das vulnerabilidades. Desta forma, os mapas apresentados pelas Figuras 8 e 9, ao destacarem as manchas de inundação, fornecem base estratégica para intervenções urbanísticas e políticas de gestão territorial que reconheçam a vulnerabilidade social e ambiental como dimensões interligadas na promoção da resiliência da RMB (Wolff et al., 2021).

Figuras 8 e 9: Mapa de Inundação dos Pontos 1 e 2.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

O estudo demonstrou resultados satisfatórios quanto à eficiência do método HAND no mapeamento das áreas de risco, no entanto, é fundamental reconhecer suas limitações. Embora o método seja eficaz, a precisão dos dados, a resolução temporal do mapeamento e as possíveis variações locais não são sempre totalmente capturadas, o que pode influenciar a exatidão do mapeamento em áreas de alta complexidade urbanística. Uma análise mais crítica desses aspectos permite uma visão mais realista das possibilidades e limitações do método.

Em relação às ações preventivas e corretivas na qual o estado pode realizar, o método HAND oferece uma base valiosa para a execução de estratégias de mitigação de inundações, como o planejamento de infraestrutura, a alocação de recursos e o desenvolvimento de políticas públicas adequadas (Mohanty et al., 2020). Contudo, seria importante detalhar como esses dados podem ser traduzidos em ações concretas, como a adaptação de zonas de risco para garantir a segurança das populações afetadas. Além disso, a participação ativa da comunidade local nas medidas preventivas é crucial para o sucesso das intervenções, garantindo uma abordagem colaborativa e sustentável (Wolff et al., 2021).

Os resultados sugerem que a integração entre mapeamento de áreas suscetíveis, análise da vulnerabilidade social e revisão dos instrumentos legais de planejamento urbano é essencial para fortalecer a adaptação da RMB a eventos de inundação. A incorporação de diretrizes territoriais nos Planos Diretores pode reduzir a exposição das populações mais vulneráveis, orientar investimentos em drenagem e apoiar políticas públicas mais consistentes com a realidade hidrológica da região.

Como contribuição para trabalhos futuros, algumas recomendações serão cruciais para melhorar a resiliência urbana e proteger as populações vulneráveis que habitam na Região Metropolitana de Belém:

a) **Melhoria dos sistemas de drenagem**: Atualizar e expandir a infraestrutura de drenagem existente é essencial para gerenciar as águas pluviais de forma eficaz. Isso inclui a instalação de tubos de drenagem maiores e mais eficientes e a manutenção dos sistemas existentes para evitar bloqueios durante eventos de chuvas fortes.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

b) **Construção de bacias de retenção**: A implementação de bacias de retenção pode ajudar a gerenciar o excesso de água durante as inundações. Essas bacias podem reter temporariamente as águas pluviais, reduzindo o impacto imediato nas áreas urbanas e permitindo a liberação gradual nos sistemas de drenagem.

c) **Reforço das margens dos rios, igarapés e canais**: O fortalecimento das margens desses sistemas hídricos, por meio do uso de barreiras naturais ou soluções de engenharia pode evitar a erosão e reduzir o risco de inundações em áreas adjacentes. Essa intervenção é particularmente importante em regiões onde os níveis desses sistemas podem aumentar significativamente.

d) **Desenvolvimento de infraestrutura verde**: A incorporação de infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis, telhados verdes e espaços verdes urbanos, pode aumentar a absorção de água e reduzir o escoamento. Essa abordagem não apenas mitiga as inundações, mas também melhora a estética urbana e a biodiversidade.

e) **Manutenção e upgrades regulares**: Estabelecer um cronograma de manutenção de rotina para toda a infraestrutura relacionada a inundações é vital. Isso inclui inspeções regulares e atualizações oportunas para garantir que os sistemas estejam funcionando de maneira ideal e possam lidar com eventos climáticos extremos.

f) **Projetos de infraestrutura baseados na comunidade**: Engajar as comunidades locais no planejamento e implementação de projetos de infraestrutura pode levar a soluções mais eficazes, adaptadas às necessidades locais específicas. Essa abordagem participativa garante que a infraestrutura seja culturalmente apropriada e apoiada pela comunidade.

g) **Integração de dados climáticos no planejamento**: A utilização de dados climáticos e mapas de risco de inundação no processo de planejamento pode ajudar a identificar as áreas mais vulneráveis e priorizar adequadamente os investimentos em infraestrutura. Essa abordagem baseada em dados garante que os recursos sejam alocados onde são mais necessários.

Essas intervenções, quando implementadas de forma eficaz, podem aumentar significativamente a resiliência da RMB contra inundações, protegendo,

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

em última instância, o bem-estar de seus moradores e reduzindo as vulnerabilidades sociais.

5. Conclusão

A análise dos Planos Diretores da Região Metropolitana de Belém evidenciou lacunas relevantes na incorporação de diretrizes específicas de gestão de riscos de inundação, especialmente no que se refere ao mapeamento de áreas suscetíveis, à definição de ações preventivas e à articulação entre planejamento urbano e defesa civil. Embora alguns municípios mencionem aspectos relacionados a inundações, tais previsões ainda são pontuais e insuficientes diante da complexidade dos problemas socioambientais identificados na região.

A pesquisa também demonstrou que a vulnerabilidade social constitui um elemento central para a compreensão dos impactos das inundações na RMB, uma vez que as populações mais expostas são, em geral, aquelas que enfrentam maiores carências de infraestrutura urbana, saneamento, mobilidade e acesso a serviços públicos essenciais. Nesse sentido, a integração entre indicadores sociais, mapeamento territorial e planejamento urbano revelou-se fundamental para subsidiar políticas públicas mais consistentes e territorialmente orientadas.

Os resultados obtidos com a aplicação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) indicaram desigualdades persistentes, com destaque para a dimensão de renda e trabalho, que apresentou pior desempenho no período mais recente analisado. Esse cenário reforça que a vulnerabilidade na RMB não se limita à condição física do território, mas está associada também a fatores socioeconômicos que reduzem a capacidade de adaptação da população frente a eventos hidrológicos extremos. Como valores menores do IVS representam condições relativamente mais favoráveis, a posição da RMB entre as regiões metropolitanas com menores valores em 2015 devem ser interpretada como uma situação relativamente menos vulnerável no conjunto comparado. Essa comparação deve ser lida com cautela, pois depende do ano de referência, da composição territorial, da fonte dos dados e da metodologia de cálculo empregada.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

A aplicação do modelo HAND mostrou-se útil para identificar áreas com maior suscetibilidade topográfica a inundações, especialmente em regiões de baixada e próximas aos cursos d'água. Entretanto, o método deve ser compreendido como uma ferramenta de apoio ao diagnóstico territorial, e não como substituto de estudos hidrológicos ou hidrodinâmicos mais detalhados. Sua principal contribuição está em oferecer uma base preliminar para a elaboração de diretrizes urbanísticas e para a priorização de áreas críticas.

Dessa forma, o estudo confirma que a incorporação de diretrizes normativas mais claras e integradas nos Planos Diretores municipais pode fortalecer a prevenção e a redução de riscos de inundação na RMB. Entre os elementos prioritários, destacam-se o mapeamento de risco, a previsão de ações preventivas, a regulação do uso do solo, a proteção de áreas verdes e a articulação com políticas de drenagem urbana e defesa civil.

Por fim, a pesquisa evidencia que o enfrentamento das inundações na Região Metropolitana de Belém exige uma abordagem integrada entre planejamento urbano, gestão territorial, vulnerabilidade social e adaptação climática. A adoção dessas diretrizes pode contribuir para cidades mais resilientes, para a proteção da população exposta e para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à redução de desastres naturais**.**

Referências

AJTAI, I.; ȘTEFĂNIE, H.; MALOȘ, C.; BOTEZAN, C. Mapping social vulnerability to floods: a comprehensive framework using a vulnerability index approach and PCA analysis. *Ecological Indicators*, v. 154, p. 110838, 2023. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110838.

BOGO, R. S. *Plano Diretor Participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC*. 2020. [S. l.: s. n.], 2020.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade: dispõe sobre o desenvolvimento urbano, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 133, p. 1-7, 11 jul. 2001.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil -

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 69, p. 1-3, 11 abr. 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 2024.

CARVALHO, M. Vulnerabilidade urbana e inundações: uma análise integrativa. 2007.

CASTELLANO, M. S. Extremos de chuva na Região Metropolitana de Campinas-SP: impactos, análise socioeconômica e políticas públicas. 2016. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

COSTA, M. A. *Vulnerabilidade social no Brasil: conceitos, métodos e primeiros resultados*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/items/a4679f06-79a6-454a-9323-85ff77d4452e>. Acesso em: 29 maio 2026.

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Tábuas de maré, Porto de Belém. 2025.

DOS REIS, M. V. S.; LOAYZA, A. C. V. Índice de vulnerabilidade social (IVS): uma análise da vulnerabilidade social feminina rural no Brasil. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 9, p. 13350-13371, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n9-155.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. *Sociedade & Natureza*, v. 34, e63717, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-63717.

FERRAZ, C. M. L. Inundações e alagamentos em meio urbano. *Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha*, v. 2, n. 4, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2021/10/Ferraz.pdf>. Acesso em: 29 maio 2026.

FERREIRA FERNANDES, J. V.; PALHARES, R. H.; SANTOS, R. A. M. Mapeamento da vulnerabilidade social em Montes Claros-MG: a importância da avaliação social no contexto dos desastres naturais. *Revista da ANPEGE*, v. 20, n. 43, 2025. DOI: 10.5418/ra2024.v20i43.18833.

FRANÇA, R. L. *Enciclopédia Saraiva do Direito*. v. 48. São Paulo: Saraiva, 1977.

FRANCO, A. S. *Tides: fundamentals, analysis and prediction*. 2. ed. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1997.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

FREITAS, L. Impactos humanos e materiais das enchentes em áreas urbanas vulneráveis. 2015.

GOPALAN, R.; RADHAKRISHNA, S. Cities and biodiversity: hidden connections between the built form and life. In: *Blue-green infrastructure across Asian countries: improving urban resilience and sustainability*. Singapore: Springer, 2022. p. 141-162.

GOPALAN, S. *Urban stormwater runoff and flooding: impacts and mitigation strategies*. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e estados*. 2022.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Normais climatológicas 1961 a 1990*. Brasília, DF, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros*. Brasília, DF: IPEA, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Atlas da vulnerabilidade social*. Brasília, DF: IPEA, 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *A década inclusiva (2001-2011): desigualdade, pobreza e políticas de renda*. Brasília, DF, 2012.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Atlas da vulnerabilidade social*. Brasília, DF, 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *O Atlas*. Brasília, DF, 2022.

KAYAGA, S. M. et al. Cities and extreme weather events: impacts of flooding and extreme heat on water and electricity services in Ghana. *Environment and Urbanization*, v. 33, n. 1, p. 131-150, 2021. DOI: 10.1177/0956247820952030.

KAZTMAN, R. Vulnerabilidade social nas cidades latino-americanas: reflexões a partir da obra de Rubén Kaztman. *Observatório das Metrópoles*, 2025. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/vulnerabilidade-social-nas-cidades-latino-americanas-reflexoes-a-partir-da-obra-de-ruben-kaztman>. Acesso em: 29 maio 2026.

LIU, Z.; MOSTAFAVI, A. Collision of environmental injustice and sea level rise: assessment of risk inequality in flood-induced pollutant dispersion from toxic sites in Texas. *arXiv preprint*, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2301.00312>. Acesso em: 29 maio 2026.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

LOPES, W. F.; ANDRADE, M. M. N. Percepção de risco a alagamentos e inundações: estudo de caso no bairro do Marco (Belém-PA). In: *TERRA - A saúde ambiental para a vitalidade do planeta*. 2021. p. 177-191.

MARINHA DO BRASIL. *Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)*. 2025.

MENG, M. Spatial planning for urban resilience in the face of the flood risk: institutional actions, opportunities and challenges. *A+BE | Architecture and the Built Environment*, v. 11, n. 04, p. 1-296, 2021. DOI: 10.7480/abe.2021.04.5635.

MOHANTY, M. P.; MUDGIL, S.; KARMAKAR, S. Flood management in India: a focussed review on the current status and future challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 49, p. 101660, 2020. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2020.101660.

MOHANTY, M. P.; MUDGIL, S.; KARMAKAR, S. Flood management in urban areas: application of low-cost mapping tools. 2020.

NADER, P. *Introdução ao estudo do direito*. 36. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2014.

NOBRE, A. D. et al. HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. *Hydrological Processes*, v. 30, n. 2, p. 320-333, 2016.

NOBRE, C. A. *Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região metropolitana de São Paulo*. São José dos Campos: INPE, 2011.

OGUISSO, T.; SCHMIDT, M. J. Sobre a elaboração de normas jurídicas. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 33, n. 2, p. 175-185, 1999.

RENN, O. et al. *Hands-on approaches to flood risk mapping*. 2008.

RENNÓ, C. D. et al. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, n. 9, p. 3469-3481, 2008.

ROCHA, M. M. Turismo e desastres: o caso das enchentes e inundações. *Turismo e Sociedade*, v. 4, n. 1, p. 153-176, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/turismo>. Acesso em: 29 maio 2026.

ROSA, et al. Referência conforme documento para políticas públicas na RMB. 2025.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. *Indicadores de vulnerabilidade do Pará: documento técnico*. Belém, 2020.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/02/2026
Vol: 13.17
DOI: 10.66104/frcrb213
Pages: 1-32

SENATUS. *Cadernos da Secretaria de Informação e Documentação*, v. 6, n. 1, p. 35-43, 2008.

WANG, R. Q.; GOLPARVAR, B.; MARK, M. Determining undersampled coastal tidal harmonics using regularized least squares. *arXiv preprint*, 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2206.07822.

WOLFF, H. K. et al. Community participation in flood risk management. *Journal of Environmental Management*, 2021.

CC BY