



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES
NATURAIS NA AMAZÔNIA
MESTRADO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

WILLIAM DE BRITO PANTOJA

PLANOS DIRETORES E VULNERABILIDADE SOCIAL: Análise e mapeamento das
inundações na região metropolitana de Belém-PA

BELÉM-PARÁ
2025

WILLIAM DE BRITO PANTOJA

**PLANOS DIRETORES E VULNERABILIDADE SOCIAL: Análise e mapeamento das
inundações na região metropolitana de Belém-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco

Orientador: Dr. Gilmar Wanzeller Siqueira

BELÉM-PARÁ
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P198p Pantoja, William de Brito.
 Planos diretores e vulnerabilidade social : análise e mapeamento das
 inundações na região metropolitana de Belém-PA / William de Brito
 Pantoja. — 2025.
 60 f. + Produto Técnico (17f: il. Color).
- Orientador(a): Prof. Dr. Gilmar Wanzeller Siqueira
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
 Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão
 de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2025.
 Produto Técnico: “Inundações: Guia de Orientações e
 Diretrizes para a Gestão de Áreas de Risco e Elaboração do Plano
 Diretor “.
1. Políticas públicas. 2. Mapeamento. 3. Gestão de riscos. 4.
 Amazônia. I. Título. II. Título: “Inundações: Guia de Orientações
 e Diretrizes para a Gestão de Áreas de Risco e Elaboração do
 Plano Diretor “.

CDD 363.3409811

WILLIAM DE BRITO PANTOJA

**PLANOS DIRETORES E VULNERABILIDADE SOCIAL: Análise e mapeamento
das inundações na região metropolitana de Belém-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco

Data da aprovação: 28/02/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 GILMAR WANZELLER SIQUEIRA
Data: 09/10/2025 11:21:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Gilmar Wanzeller Siqueira - Orientador
Doutor em Ciências Naturais
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
 LAYRSON DE JESUS MENEZES GONCALVES
Data: 09/10/2025 18:28:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Layrson de Jesus Menezes Gonçalves - Membro Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Documento assinado digitalmente
 MARCO VALERIO DE ALBUQUERQUE VINAGRE
Data: 09/10/2025 14:07:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Marco Valério de Albuquerque Vinagre - Membro Externo
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Universidade da Amazônia

Documento assinado digitalmente
 PAULA FERNANDA PINHEIRO RIBEIRO PAIVA
Data: 14/10/2025 08:20:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Paula Fernanda Pinheiro Ribeiro Paiva- Membro Externo
Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia
Universidade Federal Rural da Amazônia

A Elza Maria de Brito e Paulo Roberto Pantoja
(*in memoriam*), meus pais, que com todo
empenho, dedicação, amizade, amor e fé
permitiram que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os mais sinceros agradecimentos às instituições, professores, alunos e amigos cuja colaboração foi imprescindível para a realização desta pesquisa:

A minha companheira Walmira Lopes, minhas irmãs e demais familiares pelo incentivo, preocupação, carinho e compreensão pela ausência e momentos de estresse e tensão.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia (PPGGRD) da UFPA que contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu orientador prof. Dr. Gilmar Wanzeller Siqueira, a pessoa que me incentivou e apoio a continuar a estudar. Obrigado pelos seus ensinamentos, pelo profissionalismo e pela colaboração para a realização deste trabalho.

Aos ilustres Prof. Dr. Layrson de Jesus Menezes Gonçalves, Prof. Dr. Marco Valério de Albuquerque Vinagre e Prof^a. Dr^a. Paula Fernanda Pinheiro Ribeiro Paiva, expresso minha profunda gratidão pela valiosa participação e significativa contribuição como membros da banca avaliadora do meu mestrado. Agradeço por suas observações, críticas construtivas e pelo tempo dedicado a analisar meu trabalho. Suas expertises foram fundamentais para o enriquecimento deste estudo.

Aos amigos do PPGGRD, em especial a Ana Carolina Moreno e Luiza Gomes, pelos conhecimentos divididos durante o período do mestrado. Muito obrigado!

RESUMO

O trabalho aborda as causas e consequências das inundações na Região Metropolitana de Belém, com foco nas vulnerabilidades sociais. A análise dessas vulnerabilidades envolve a identificação dos grupos mais afetados, como as populações de baixa renda que vivem em áreas de risco, bem como a avaliação da falta de acesso a serviços básicos, como drenagem e saneamento. A área de estudo, inserida na Amazônia, enfrenta diversos desafios relacionados à urbanização desordenada, à carência de infraestrutura adequada e à insuficiência de políticas públicas voltadas ao enfrentamento de desastres naturais. A pesquisa também discute os Planos Diretores, que são instrumentos de gestão urbana, e a eficácia desses planos na mitigação dos efeitos das inundações. O objetivo deste trabalho é propor soluções normativas para os Planos Diretores dos municípios da Região Metropolitana de Belém, com foco nas áreas socialmente vulneráveis a inundações, em conformidade com as diretrizes dos incisos I a VI do artigo 42-A do Estatuto da Cidade, incluído pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Para alcançar esse propósito, o estudo definiu objetivos específicos, entre os quais se destacam: coletar e analisar informações sobre inundações na região; desenvolver um mapeamento de áreas suscetíveis a inundações com metodologias replicáveis; e elaborar um produto técnico contendo diretrizes metodológicas para a implementação da gestão de riscos de inundações nos Planos Diretores. A metodologia adotada incluiu a análise da legislação vigente nos âmbitos federal, estadual e municipal, além da utilização de indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano e do Índice de Vulnerabilidade Social. Foram empregados também softwares de Sistemas de Informações Geográficas e o modelo HAND para o mapeamento dos perímetros suscetíveis a inundações. O produto final da pesquisa consistiu na elaboração de um guia com orientações e diretrizes para a criação de normas voltadas às áreas de risco. A proposta busca fornecer suporte acadêmico a estudos futuros, assim como oferecer subsídios ao poder público para o aprofundamento do conhecimento sobre questões hidrológicas, gestão de riscos e desastres, além de contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à redução da vulnerabilidade e à gestão de riscos.

Palavras-chave: políticas públicas; mapeamento; gestão de riscos; Amazônia.

ABSTRACT

The study addresses the causes and consequences of flooding in the Metropolitan Region of Belém, with a focus on social vulnerabilities. The analysis of these vulnerabilities involves identifying the groups most affected, such as low-income populations living in high-risk areas, as well as assessing the lack of access to basic services such as drainage and sanitation. The study area, located in the Amazon, faces several challenges related to unplanned urbanization, insufficient infrastructure, and inadequate public policies to deal with natural disasters. The research also discusses Master Plans, which are urban management instruments, and the effectiveness of these plans in mitigating the impacts of flooding. The objective of this study is to propose normative solutions for the Master Plans of the municipalities within the Metropolitan Region of Belém, focusing on socially vulnerable areas to flooding, in accordance with the guidelines of items I to VI of Article 42-A of the City Statute, included by the National Policy on Protection and Civil Defense. To achieve this goal, the study established specific objectives, among which are: collecting and analyzing information on flooding in the region; developing a mapping of areas susceptible to flooding using replicable methodologies; and preparing a technical product containing methodological guidelines for implementing flood risk management in Master Plans. The methodology adopted included the analysis of existing legislation at the federal, state, and municipal levels, in addition to the use of indicators from the Human Development Atlas and the Social Vulnerability Index. Geographic Information System (GIS) software and the HAND model were also employed to map the perimeters susceptible to flooding. The final product of the research consisted of the development of a guide containing recommendations and guidelines for the creation of regulations targeting high-risk areas. The proposal aims to provide academic support for future studies, as well as to offer guidance to public authorities for deepening knowledge on hydrological issues, risk and disaster management, and contributing to the development of public policies focused on reducing vulnerability and improving risk management.

Keywords: public policies; mapping; risk management; Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação dos fenômenos inundação.....	18
Figura 2 - Registro fotográfico de um ponto alagado em Belém	22
Figura 3 - Registro fotográfico de vários pontos alagados em Ananindeua.....	23
Figura 4 - Ponto de inundação na BR-316	23
Figura 5 - Registro da forte enxurrada em Benevides	24
Figura 6 - Registro de veículo atingido pela enxurrada.....	25
Figura 7 - Registro de trabalhadores retirando a lama do centro da cidade	25
Figura 8 - Registro fotográfico de um ponto alagado em Castanhal	26
Figura 9 - Mapa de localização da área de estudo	27
Figura 10 - Áreas suscetíveis a inundação na RMB	28
Figura 11 - Valores e classificação de vulnerabilidade de acordo com o IVS	32
Figura 12 - Valores de IVS de 2015 das Regiões Metropolitanas do Brasil	33
Figura 13 - Valores de IVS de 2010 dos municípios RMB.....	34
Figura 14 - Registro histórico das cotas de maré na RMB.....	35
Figura 15 - Mapa de Inundação do Ponto 1.....	37
Figura 16 - Mapa de Inundação do Ponto 2.....	38
Figura 17 - Fluxograma metodológico do Inciso I	40
Figura 18 - Fluxograma metodológico do Inciso II.....	42
Figura 19 - Fluxograma metodológico do Inciso III	43
Figura 20 - Fluxograma metodológico do Inciso IV	45
Figura 21 - Fluxograma metodológico do Inciso V	46
Figura 22 - Fluxograma metodológico do Inciso VI	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhes do Índice de Vulnerabilidade Social	30
Tabela 2 - Planos Diretores dos municípios pertencentes a RMB	31
Tabela 3 - Valores de IVS da Região Metropolitana de Belém	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADH	Atlas do Desenvolvimento Humano
AVS	Atlas da Vulnerabilidade Social
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CGM	Controladoria Geral do Município
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
CNJ	Conselho Nacional de Justiça
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
DAE	Departamento de Água e Esgoto
EFB	Estrada de Ferro de Bragança
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Amplificada
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
MDE	Modelo Digital de Elevação
NGTM	Núcleo de Gerenciamento de Transporte Metropolitano
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
RMB	Região Metropolitana de Belém
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
TIFF	Tagged Image File Format
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Regulamentação Jurídica.....	13
3.1.1 Constituição Federal	13
3.1.2 Estatuto da Cidade	14
3.1.3 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil	15
3.1.4 Planos Diretores.....	15
3.2 Vulnerabilidade Social	15
3.2.1 Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).....	15
3.3 Tábuas de Marés.....	16
3.4 Chuvas	16
3.5 Inundação	17
3.6 Drenagem Urbana: Diretrizes e Normas Técnicas.....	18
3.7 Região Metropolitana de Belém	19
3.7.1 Município de Belém	19
3.7.2 Município de Ananindeua	20
3.7.3 Município de Marituba	20
3.7.4 Município de Benevides	20
3.7.5 Município de Santa Barbara do Pará	20
3.7.6 Município de Santa Izabel do Pará	21
3.7.7 Município de Castanhal	21
3.8 Casos Concretos.....	21
3.8.1 Belém, notícia Oliberal.....	22
3.8.2 Ananindeua, notícia gl	22
3.8.3 Marituba, notícia Oliberal.....	23
3.8.4 Benevides, notícia Oliberal.....	24
3.8.5 Santa Bárbara do Pará, notícia SBN	24
3.8.6 Santa Izabel do Pará, notícia gl.....	25

3.7.7 Castanhal, notícia Oliberal	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Área de Estudo	27
4.2 Dados Maregráficos	27
4.3 Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundação	28
4.4 Avaliação dos Impactos Socioambientais	30
4.4.1 IVS Infraestrutura Urbana	30
4.5 Plano Diretor Municipal e Políticas Públicas	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 Produto Técnico	39
5.1.1 Inciso I	40
5.1.2 Inciso II	41
5.1.3 Inciso III	43
5.1.4 Inciso IV	44
5.1.5 Inciso V	45
5.1.6 Inciso VI	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO	57

1 INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Belém (RMB), localizada no estado do Pará, Brasil, é caracterizada por um clima equatorial úmido e uma topografia propensa a inundações (Inmet, 1992). Esses eventos, além de causarem danos materiais significativos, impactam diretamente na qualidade de vida das populações locais, especialmente as de baixa renda, que residem em áreas de risco e carecem de infraestrutura básica (Farias; Mendonça, 2022).

Lopes e Andrade (2021) enfatizam em sua obra que, 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. Neste contexto, a análise das vulnerabilidades sociais é fundamental para compreender a magnitude dos impactos desses desastres, uma vez que as populações mais afetadas são, frequentemente, aquelas que enfrentam maiores dificuldades de acesso a serviços públicos essenciais (Fernandes; Palhares; Santos, 2025).

Pesando na mitigação desta problemática, a gestão urbana eficiente, através dos Planos Diretores mais efetivos, podem ser um instrumento fundamental para dissolver os efeitos das inundações, pois permitiriam o planejamento adequado do uso do solo e a implementação de infraestrutura necessária para a redução de riscos (Bogo, 2020). No entanto, a eficácia desses planos para RMB ainda é limitada pela falta de integração entre os diversos níveis de governo e pela defasagem nas políticas públicas voltadas para a 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.

Neste trabalho, propõe-se fornecer suporte à comunidade acadêmica e ao poder público no entendimento das questões hidrológicas, gestão de riscos e desastres, bem como na formulação de políticas públicas voltadas para inundações na RMB, com especial atenção às vulnerabilidades sociais que intensificam os impactos desses eventos. Além disso, busca-se avaliar a eficácia dos Planos Diretores na gestão dessas problemáticas, com a intenção de contribuir para o aprimoramento das políticas públicas e o desenvolvimento de soluções urbanísticas mais adequadas à realidade local.

O estudo aborda o assunto de maneira sistêmica, integrando metodologias, dados e ferramentas voltadas à pesquisa. Assim, este trabalho objetiva contribuir para o conhecimento sobre populações em áreas de risco influenciadas por eventos hidrometeorológicos. 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).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um estudo técnico, analítico e propositivo que apresente soluções normativas aplicáveis aos Planos Diretores dos municípios da Região Metropolitana de Belém, com foco nas áreas socialmente vulneráveis a inundações, em consonância com as diretrizes estabelecidas nos incisos I a VI do artigo 42-A do Estatuto da Cidade, incorporado pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Investigar as principais causas, dinâmicas e consequências das inundações que afetam os municípios da Região Metropolitana de Belém, com destaque para os fatores físicos, climáticos e antrópicos que potencializam a vulnerabilidade socioambiental;
- b) Realizar o mapeamento técnico das áreas suscetíveis a inundações na Região Metropolitana de Belém, utilizando metodologias geoespaciais, como o modelo HAND, integradas a ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG);
- c) Avaliar a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental das populações expostas a riscos de inundações, aplicando indicadores específicos, como o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS), para subsidiar o planejamento territorial;
- d) Formular diretrizes e instrumentos normativos para incorporação nos Planos Diretores municipais, voltados à prevenção, mitigação e adaptação frente aos impactos das inundações, promovendo um ordenamento urbano sustentável e resiliente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Regulamentação Jurídica

Segundo Oguisso e Schmidt (1999), o comportamento humano é regido por determinadas regras, estabelecidas pelo próprio homem para manter o equilíbrio das relações na sociedade. Essas regras são denominadas leis, que, em seu conjunto, constituem a legislação. Em sua obra, os autores se baseiam no trabalho de França (1997), que discorre sobre o significado especial das leis no universo jurídico, onde elas representam a mais importante fonte do direito na civilização ocidental. Lei é, portanto, o direito conscientemente elaborado por uma autoridade, mediante um ato de vontade, denominado legislação, que consiste em uma declaração jurídica revestida de forma escrita e incorporada em um documento.

Para Nader (2014), a lei é a forma moderna do direito positivo. É um ato do poder legislativo que estabelece regras de acordo com os interesses da sociedade, não constituindo uma expressão da vontade individual, mas refletindo aspirações coletivas. É, portanto, uma norma codificada, geral e abstrata, garantida pelos poderes públicos e aplicada pelos órgãos estatais durante seu período de vigência. As leis são o resultado de pesquisas, discussões, debates, votações, sanções e articulações discursivas publicadas, que determinam quando se tornam obrigatórias.

3.1.1 Constituição Federal

A Constituição Federal (CF) de 1988 delinea os direitos individuais e coletivos dos brasileiros, destacando a proteção da família, da cultura, dos direitos humanos, da educação e da saúde. Assim, é considerada a lei suprema do ordenamento jurídico do país, composta por diversos estatutos. A hierarquia entre as leis é fundamental para manter essa ordem, garantindo o controle sobre a constitucionalidade das normas e resolvendo eventuais conflitos que possam surgir entre elas (CNJ, 2018).

Nesse contexto, visando ao melhor entendimento do objetivo deste trabalho, é fundamental destacar o artigo 182 da Constituição Federal de 1988, que estabelece as diretrizes gerais para a política de desenvolvimento urbano:

Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

§ 1º O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.

§ 3º As desapropriações de imóveis urbanos serão feitas com prévia e justa indenização em dinheiro.

§ 4º É facultado ao Poder Público municipal, mediante lei específica para área incluída no plano diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, que promova seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de:

I - parcelamento ou edificação compulsórios;

II - imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo;

III - desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública de emissão previamente aprovada pelo Senado Federal, com prazo de resgate de até dez anos, em parcelas anuais, iguais e sucessivas, assegurados o valor real da indenização e os juros legais.

3.1.2 Estatuto da Cidade

O Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, regulamenta o artigo 182 da Constituição Federal, possibilitando o desenvolvimento de uma política urbana mediante a aplicação de instrumentos de reforma urbana voltados à promoção da inclusão social e territorial nas cidades brasileiras (Brasil, 2001). Conforme Decarli e Ferrareze Filho (2008), um dos instrumentos mais relevantes previstos no Estatuto é o Plano Diretor, destinado a estruturar o planejamento do território municipal como um todo, além de assegurar a eficácia dos demais instrumentos estabelecidos pelo próprio Estatuto.

No Estatuto da Cidade, foram incluídas as diretrizes estabelecidas pela Lei nº 12.608, de 2012, destacando-se o artigo 42-A, no qual descreve que:

Art. 42-A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda;

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre;

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres; e

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido.

VI - identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades.

3.1.3 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

A Lei nº 12.608/2012 instituiu 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 (CONPDEC). O PNPDEC também autoriza a criação de um sistema de informações e monitoramento de desastres, além de alterar a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e adotar outras providências.

3.1.4 Planos Diretores

Os planos diretores têm como objetivo orientar a atuação das instituições públicas e privadas no processo de desenvolvimento urbano, sendo uma importante ferramenta de planejamento utilizada por diferentes atores sociais. Seu maior desafio reside na combinação das dimensões técnica e política: a dimensão técnica deve ser respaldada por uma análise fundamentada em conjuntos de informações; enquanto a dimensão política constitui um espaço privilegiado de negociação, confronto e expressão de interesses entre os atores sociais (Piquet; Oliveira, 2005).

3.2 Vulnerabilidade Social

A vulnerabilidade é compreendida como um descompasso entre as estruturas de ativos e de oportunidades. Esse descompasso resulta da capacidade dos atores sociais de melhorar suas próprias condições, explorando oportunidades em diferentes esferas socioeconômicas e prevenindo a deterioração em três esferas principais: recursos pessoais, recursos legais e recursos sociais (Kaztman, 2001).

3.2.1 Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), elaborado a partir dos indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, destaca diversas situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social no território brasileiro, adotando uma perspectiva que transcende a identificação da pobreza apenas como insuficiência de recursos monetários (dos Reis; Loayza, 2023). 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 porções do território com sobreposição de situações de exclusão e vulnerabilidade social. Isso visa orientar gestores públicos municipais, estaduais e federais no delineamento de políticas públicas mais alinhadas às carências e necessidades presentes nesses territórios (Ipea, 2015).

O IVS e o Atlas da Vulnerabilidade Social (AVS) dos municípios e regiões metropolitanas brasileiras resultam de um esforço de seleção, desenvolvimento e georreferenciamento de indicadores que revelam condições de vulnerabilidade social em diversas escalas do território brasileiro. 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 (Reis; Loayza, 2023).

3.3 Tábuas de Marés

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, 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.

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

3.4 Chuvas

As chuvas podem ser classificadas conforme os processos responsáveis por sua formação, destacando-se três principais tipos: orográficas, frontais e convectivas (Houze Jr., 2012). Cada uma delas ocorre em condições climáticas específicas e possui características próprias que influenciam diretamente os ambientes em que se manifestam.

As chuvas orográficas resultam do deslocamento de massas de ar úmido que encontram barreiras naturais, como cadeias montanhosas (Houze Jr., 2012). Quando o ar é forçado a subir,

ocorre seu resfriamento, levando à condensação do vapor d'água e à formação da chuva. Este fenômeno é mais comum no lado da montanha voltado para os ventos, enquanto a face oposta, chamada de "sotavento", tende a ser mais seca (Sobrinho; Lima, 2024).

Já as chuvas frontais surgem a partir do encontro entre duas massas de ar com temperaturas distintas: uma fria e outra quente (Lazaridis; Lazaridis, 2011). Nessa interação, a massa de ar quente, por ser menos densa, é impulsionada para cima da massa fria, resultando em resfriamento, condensação e precipitação (Pithan *et al.*, 2018). Esse tipo de chuva é característico das frentes frias e pode cobrir extensas áreas com intensidade moderada a forte.

Por sua vez, as chuvas convectivas, predominantes na Amazônia, têm origem no intenso aquecimento do solo durante o dia (Artaxo *et al.*, 2006). Esse aquecimento eleva rapidamente o ar quente para camadas superiores da atmosfera, onde ele se resfria, condensa e forma nuvens de grande desenvolvimento vertical, como os cumulonimbus (Hamblyn, 2021). Na região amazônica, essas chuvas são favorecidas pelas altas temperaturas e elevada umidade, apresentando curta duração, mas com precipitações intensas, frequentemente acompanhadas por raios e trovoadas (Silveira, 2007). Essas chuvas desempenham um papel fundamental no equilíbrio do ciclo hidrológico, abastecendo rios e sustentando a biodiversidade local. No entanto, nas áreas urbanizadas da região, sua intensidade pode causar alagamentos e enxurradas, evidenciando a importância de um planejamento urbano mais adequado.

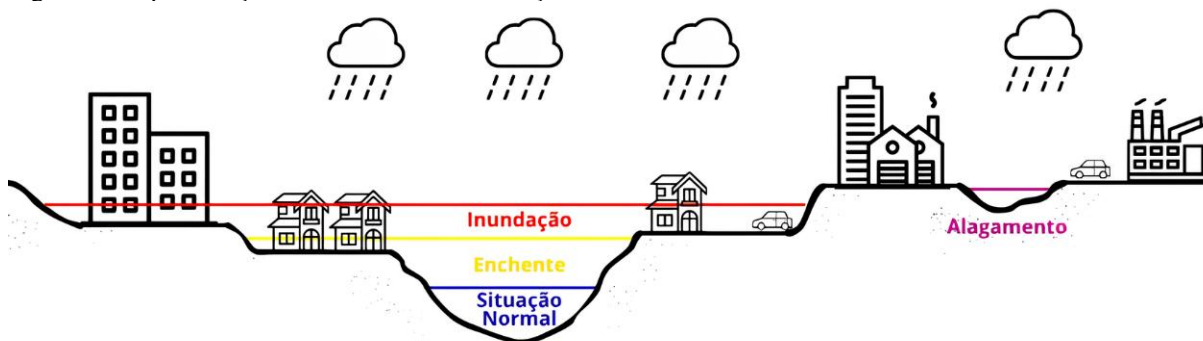
3.5 Inundação

As inundações são eventos climáticos recorrentes que causam 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 (Liu; Mostafavi, 2023). A dinâmica desses eventos 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; Radhakrishna, 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 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; Corvalan; Silva, 2015).

Enchentes, ou cheias, referem-se ao aumento temporário do nível da água em um canal de drenagem, causado pelo incremento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém sem provocar transbordamento. Já a inundação caracteriza-se pelo transbordamento das águas de um canal de drenagem, afetando as áreas marginais, como as planícies de inundação ou as áreas de várzeas (Ferraz, 2021). Esses fenômenos frequentemente se intensificam em decorrência de chuvas fortes e rápidas ou de longa duração, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do fenômeno de inundação



Fonte: Autor.

Os alagamentos, por sua vez, referem-se a problemas diretamente relacionados com a rede de drenagem, não sendo afetados pelas alterações nos níveis dos cursos d'água. Este evento geralmente ocorre quando a água se acumula em áreas urbanas devido a obstruções em canais ou à falta de infraestruturas que permitam o escoamento da água da chuva. A sensibilidade ao meio ambiente e a falta de adequações nas áreas urbanas podem levar a alagamentos (Nylander, 2021).

3.6 Drenagem Urbana: Diretrizes e Normas Técnicas

A drenagem urbana é um componente vital no planejamento e desenvolvimento sustentável das cidades. Caldeira (2020), afirma que a gestão eficiente das águas pluviais é essencial para prevenir inundações, erosões e garantir a qualidade de vida urbana. A drenagem inadequada pode levar a diversos problemas, como alagamentos, danos à infraestrutura e impactos negativos na saúde pública. Por isso, é crucial que municípios adotem diretrizes e normas técnicas específicas para um manejo adequado das águas pluviais.

Diante disso, o planejamento integrado é uma abordagem essencial para a gestão eficiente da drenagem urbana. De acordo com Ipcc (2007), um planejamento integrado considera todos os elementos do ambiente urbano, incluindo a topografia, o uso do solo e as mudanças climáticas. A metodologia inclui a análise hidrológica detalhada da região, que envolve o estudo das características das precipitações e do escoamento superficial. Além disso,

o zoneamento urbano deve ser estrategicamente definido para priorizar áreas que necessitam de intervenções de drenagem, levando em conta os riscos de inundações e erosões.

A gestão das águas pluviais envolve a implementação de infraestruturas para captação, armazenamento e condução das águas de chuva. Infraestruturas verdes, como telhados verdes, jardins de chuva e pavimentações permeáveis, são essenciais para aumentar a infiltração da água no solo e reduzir o escoamento superficial (Herzog; Rosa, 2010). Além disso, é importante implementar programas de manutenção preventiva para garantir o funcionamento eficiente das redes de drenagem.

As normas técnicas fornecem orientações específicas para o projeto e a construção de sistemas de drenagem urbana. A NBR 10844 da ABNT, por exemplo, define os procedimentos para o dimensionamento e instalação de dispositivos de captação e condução de águas pluviais. Segundo Veról (2018), as normas técnicas são essenciais para garantir a segurança e a eficiência das infraestruturas de drenagem. Além disso, a NBR 15527 estabelece os requisitos para o aproveitamento de águas pluviais, promovendo o uso sustentável e seguro da água captada das chuvas.

3.7 Região Metropolitana de Belém

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge, 2022), a Região Metropolitana de Belém (RMB) possui uma área territorial de 3.566,203 km², distribuída entre os municípios de: Belém com 1.303.403 habitantes, Ananindeua com 478.778 habitantes, Marituba com 111.785 habitantes, Benevides com 63.567 habitantes, Santa Bárbara do Pará com 21.087 habitantes, Santa Izabel do Pará com 73.019 habitantes e Castanhal com 192.256 habitantes.

3.7.1 Município de Belém

A capital paraense, fundada em 12 de janeiro de 1616, é a cidade primaz na lógica econômica da Amazônia oriental, localizada no nordeste do estado, na confluência da Baía do Guajará com o Rio Guamá. Segundo a historiografia oficial, foi estabelecida por Francisco Caldeira Castelo Branco a partir de uma construção militar conhecida atualmente como Forte do Castelo, situada no Centro Histórico da cidade (Iphan, 2014).

Após diversas batalhas contra ingleses, holandeses e franceses, a cidade passou a chamar-se Nossa Senhora de Belém do Grão Pará. O sistema viário era paralelo ao rio, com as primeiras ruas sendo abertas a partir de 1650. A partir do século XVIII, a cidade expandiu-se para áreas anteriormente cobertas por mata nativa, apresentando um considerável crescimento

em direção ao interior. Belém possuía essencial importância como ponto estratégico de defesa e entrada na Amazônia (Brasil, 2025).

O ciclo da borracha, no início do século XX, é lembrado pela elite local como o período de maior prosperidade e desenvolvimento da cidade, marcado pelo embelezamento do espaço urbano e pela "europeização" dos costumes. Contudo, é evidente que esse impulso de progresso esteve distante da realidade dos habitantes das áreas periféricas, com repercussões ainda muito presentes. Desde a divisão territorial de 2001, a cidade de Belém é dividida em oito distritos: Belém, Benguí, Entroncamento, Guamá, Icoaraci, Mosqueiro, Outeiro e Sacramenta (Iphan, 2014).

3.7.2 Município de Ananindeua

Ananindeua tem sua origem ligada ao padrão de ocupação ribeirinho, característico das cidades da Amazônia. Além de seu território continental, é composta por 14 ilhas de baixa densidade populacional. Integra a Região Metropolitana de Belém desde 1973, quando ainda era denominada Grande Belém, composta apenas pelos municípios de Belém e Ananindeua. À época, servia como base para o processo de expansão da metrópole através dos Planos Compreensivos (CGM, 2024).

3.7.3 Município de Marituba

O município de Marituba tem suas origens vinculadas à Estrada de Ferro de Bragança, assim como outros municípios da Região Metropolitana de Belém. Em 1907, foi constituído o povoado de Marituba, pertencente a Belém; em 1943, com a criação do município de Ananindeua, passou a fazer parte de seu território e, em 1961, do de Benevides. A partir de um plebiscito, foi decidida sua emancipação em 1994, por meio da Lei Estadual nº 5857, de 22 de setembro (Ibge, 2023).

3.7.4 Município de Benevides

O município teve suas origens a partir de uma colônia agrícola, atravessada pelo trajeto da Estrada de Ferro de Bragança (EFB). Em 1899, foi elevado à condição de vila, ainda pertencendo a Belém. Em 1961, foi oficialmente declarado município, desmembrado de Ananindeua e Santa Isabel do Pará. Em 1988, era formado pelos distritos de Benevides, Benfica e Santa Bárbara, sendo que este último ganhou autonomia em 1991. Desde 1997, é constituído apenas pelos distritos de Benevides e Benfica (Ibge, 2023).

3.7.5 Município de Santa Barbara do Pará

No ano de 1920, era apenas um povoado, constituído pelos adensamentos de Traquateua, Candeuca e Santa Rosa. Mais tarde, em 1962, elegeu seu primeiro vereador, Raído Alves de Souza, ainda fazendo parte do território de Benevides, o qual havia sido desmembrado do município de Ananindeua. Em 1938, sob a denominação de Distrito de Araci, ainda era subordinado a Santa Isabel. O distrito recebeu o nome de Santa Bárbara em 1961, passando a pertencer a Benevides. Foi elevado à condição de município em 1991, pela Lei Estadual nº 5693. Seu Plano Diretor Urbano original data de 2006, elaborado pela Secretaria de Planejamento Municipal (Ibge, 2023).

3.7.6 Município de Santa Izabel do Pará

Antes de garantir sua emancipação, Santa Izabel do Pará era um povoado de Belém. Em 1931, alcançou a categoria de vila por meio do Decreto Estadual nº 565, sendo desmembrado da capital paraense e tendo como sede a antiga vila de Santa Izabel. Em 1933, sob a ação do interventor Magalhães Barata, por meio do Decreto-Lei nº 1110, a localidade foi elevada à condição de município, sendo instalado no ano seguinte. Em 1943, seu nome foi alterado para João Coelho, e o distrito de Benevides foi desmembrado de seu território para integrar Ananindeua. Em 1961, a denominação foi novamente alterada para Santa Izabel do Pará (Ibge, 2023).

3.7.7 Município de Castanhal

Castanhal teve sua origem e desenvolvimento inicial vinculados à Estrada de Ferro de Bragança (EFB), através do povoamento de imigrantes nordestinos. Em 1900, sob o governo de Augusto Montenegro, a EFB foi concluída, e em 1905 Castanhal foi anexada ao município de Belém. Em 1932, no contexto do Governo Provisório de Getúlio Vargas, Castanhal foi elevada à condição de município autônomo, por meio do Decreto-Lei nº 600, assinado pelo intendente Magalhães Barata e pelo primeiro tenente Ismaelino de Castro. Conforme a divisão territorial de 1960, o município é formado pelos distritos de Castanhal e Apeú, permanecendo dessa forma na divisão de 2007 (Ibge, 2023).

3.8 Casos Concretos

Segundo Kuhn (1970), os exemplos-padrões são elementos essenciais de uma disciplina científica, auxiliando na resolução de diversos problemas de conhecimento. Esses exemplos consistem em casos concretos que os cientistas utilizam como referência em suas pesquisas, podendo ser casos de problemas, soluções ou técnicas (Lipton, 2004). Neste contexto, é

relevante apresentar as notícias recentes sobre casos concretos de transtornos relacionados a eventos hidrológicos.

3.8.1 Belém, notícia Oliberal: *Grande Belém tem 10 horas de chuva de 116 mm, provocando inundações em casas e vias públicas*

Entre os dias 7 e 8 de janeiro de 2024, o Município de Belém registrou 116,9 milímetros de chuva torrencial, acompanhada de rajadas de vento e raios, representando 30% da média prevista para o mês de janeiro. Nas primeiras duas horas, foram registrados 55 milímetros, equivalentes aos cerca de 60 milímetros previstos para a semana.

De acordo com o meteorologista, esse tipo de ocorrência é provocado por dois fenômenos: o vórtice ciclônico e a Zona de Convergência Intertropical, que causam chuvas com até 24 horas de duração. Na Figura 2, observa-se um dos pontos de alagamento da cidade de Belém.

Figura 2 - Registro fotográfico de um ponto alagado em Belém



Fonte: Oliberal (2024a)

3.8.2 Ananindeua, notícia g1: *Moradores registram longos congestionamentos e transtornos após alagamentos de vias em Ananindeua*

No dia 1 de abril de 2024, foi registrada uma forte chuva que ocasionou diversos pontos de alagamento, resultando em inúmeros transtornos para os moradores de Ananindeua. Em decorrência da chuva, as duas principais vias de acesso ao município, a BR-316 e a Avenida Independência, foram interditadas em alguns pontos, causando um longo congestionamento.

Segundo os moradores da região, o problema é recorrente e sempre se repete em dias de chuva. Algumas imagens (Figura 3) foram compartilhadas nas redes sociais, mostrando o estacionamento de um supermercado, localizado na Cidade Nova V, completamente inundado.

Figura 3 - Registro fotográfico de vários pontos alagados em Ananindeua



Fonte: g1 (2024a)

3.8.3 Marituba, notícia Oliberal: *Rio Uriboca, em Marituba, transbordou por causa da chuva que começou ainda na noite de terça*

No dia 10 de abril de 2024, o rio Uriboca, em Marituba, transbordou, causando um longo engarrafamento na BR-316. O transbordamento ocorreu devido à chuva que começou no dia 9. Em outro ponto da Região Metropolitana de Belém, o canal das Toras, em Ananindeua, também transbordou (Figura 4). Em nota, o Núcleo de Gerenciamento de Transporte Metropolitano (NGTM) informou que realiza durante a semana a limpeza e dragagem do canal das Toras. O NGTM também iniciou a obra de drenagem da BR-316 com a Avenida Independência e do canal das Toras para solucionar as inundações, que já existiam na via antes do início da obra de reestruturação da BR-316.

Figura 4 - Ponto de inundação na BR-316



Fonte: Oliberal (2024b)

A Prefeitura de Marituba também se pronunciou, afirmando que, devido ao elevado volume de chuvas, algumas ruas da cidade apresentaram pontos de alagamento: "Enfatizamos que os serviços de limpeza de bueiros e coleta de lixo são realizados de forma contínua no

município. A Prefeitura já apresentou ao Ministério das Cidades, através do PAC 2 um projeto para o Canal Uriboça, com o objetivo de melhorar as condições de escoamento e estabilidade da área, possibilitar o rebaixamento do nível da água durante as cheias, viabilizar o escoamento da microdrenagem, recuperar o terreno marginal e promover outras benfeitorias. O projeto está em fase de análise pelos técnicos do Ministério".

3.8.4 Benevides, notícia Oliberal: *Enxurrada atinge principais avenidas do município de Benevides*

As principais avenidas do bairro Centro, em Benevides, ficaram submersas após a chuva que caiu no dia 3 de maio de 2023. Imagens cedidas à reportagem mostram a água arrastando carros e invadindo estabelecimentos comerciais na área (Figura 5).

Figura 5 - Registro da forte enxurrada em Benevides



Fonte: Oliberal (2023)

Segundo denúncias dos moradores, as inundações são frequentes na região, mas a situação foi agravada após uma obra pública de drenagem e escoamento de água, supostamente mal executada na Avenida Joaquim Pereira de Queiróz, ter sido interrompida sem a conclusão dos serviços, no mês de abril.

3.8.5 Santa Bárbara do Pará, notícia SBN: *Santa Bárbara registrou quase 50 milímetros de chuva no fim de semana*

Em 17 de fevereiro de 2024, Santa Bárbara d'Oeste registrou 48,10 milímetros de chuva, resultando em alagamentos em vários pontos da cidade. Esse volume foi ligeiramente inferior aos 53 milímetros registrados no dia 14 pelo Departamento de Água e Esgoto (DAE), mas ainda assim causou transtornos e danos em veículos.

As regiões mais afetadas foram o Jardim Santa Alice, Estrada do Barreirinho, Jardim Vista Alegre e Parque do Lago. Na ponte da Represinha do Jardim Santa Alice e Residencial

Rochelle, um veículo ficou preso na forte enxurrada, e populares conseguiram resgatar o motorista, conforme registrado na Figura 6. O total de chuvas em fevereiro, até o momento, é de 101,10 milímetros, com uma média estimada de 168 milímetros para o mês inteiro.

Figura 6 - Registro de veículo atingido pela enxurrada



Fonte: SBN (2024).

3.8.6 Santa Isabel do Pará, notícia g1: *Santa Isabel registra mais de 100 milímetros de chuva em um dia*

No dia 23 de fevereiro de 2024, uma chuva de 110 milímetros atingiu Santa Isabel, mobilizando equipes da Prefeitura para retirar a lama que tomou conta das ruas em diversos pontos da cidade. Algumas escolas estaduais suspenderam as aulas em razão da chuva. A Defesa Civil do município informou que mais de 100 pessoas participaram da recuperação do Centro, utilizando quatro caminhões-pipa e seis caminhões-basculantes (Figura 7).

Figura 7 - Registro de trabalhadores retirando a lama do centro da cidade



Fonte: g1 (2024b)

Segundo a Prefeitura, em apenas 25 minutos choveu 90 milímetros, levando o governo do Estado a emitir um alerta de emergência para o município. A Defesa Civil de Santa Isabel informou que a chuva não estava no radar, causando pontos de alagamento inesperados. "A

chuva não estava prevista. Não constava no radar e nem houve envio de alerta SMS meteorológico do Estado. Foi uma surpresa", afirmou o coordenador da Defesa Civil de Santa Isabel, João Buosi.

3.7.7 Castanhal, notícia Oliberal: *Forte chuva que caiu no começo da tarde em Castanhal provoca alagamentos*

A forte chuva que caiu em Castanhal no dia 22 de março de 2024, durante aproximadamente duas horas, resultou em pontos de alagamento em diversos bairros do município (Figura 8). Nas redes sociais, algumas imagens dos alagamentos foram compartilhadas, e os internautas relataram que a situação é constante, como o alagamento em frente ao prédio da Escola de Artes São Lucas, localizado na travessa Major Wilson, no bairro Nova Olinda.

Figura 8 - Registro fotográfico de um ponto alagado em Castanhal



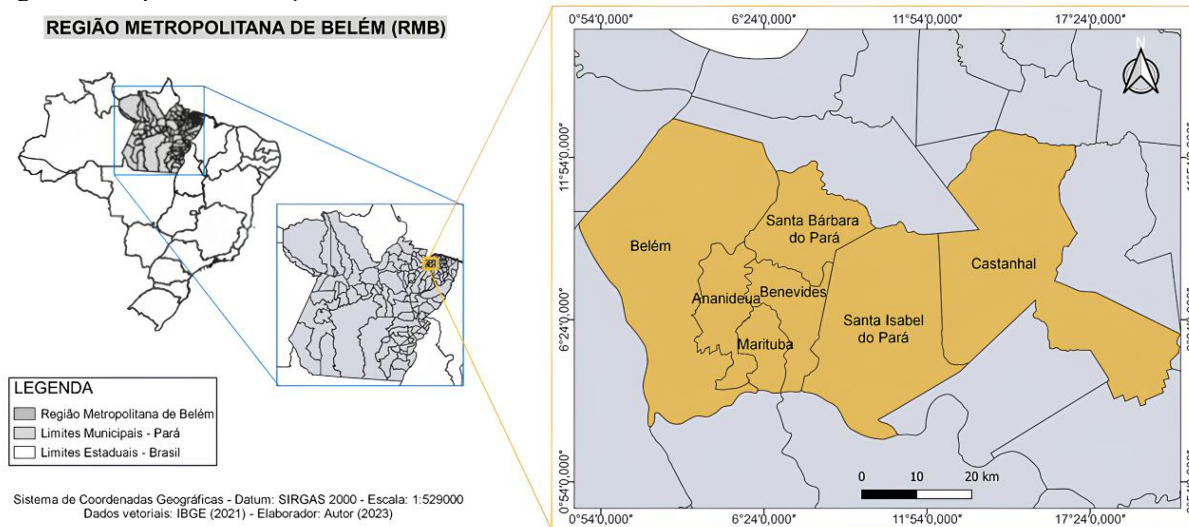
Fonte: Oliberal (2024c)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estudo propõe-se a abordar a Região Metropolitana de Belém (RMB), que compreende sete municípios do estado do Pará, a saber: Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará e Castanhal (Figura 9).

Figura 9 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autor.

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 riscos e desastres comuns. Nesse contexto, as normas e metodologias propostas neste estudo fornecerão suporte adequado aos sete municípios mencionados.

4.2 Dados Maregráficos

Os dados foram obtidos através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), que é um centro responsável pela gestão, armazenamento e disseminação de dados oceanográficos no Brasil, operado pela Marinha por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). O BNDO atua como um centro depositário da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), facilitando a coordenação e participação do Brasil nas atividades relacionadas aos serviços e mapeamento oceânicos (Marinha do Brasil, 2025). Sua missão inclui obter, organizar e verificar a coerência dos dados recebidos, promover intercâmbio de informações com instituições nacionais e internacionais, e manter um acervo bibliográfico da COI para difusão à comunidade científica.

4.3 Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundação

Com o objetivo de atender ao inciso II do artigo 42-A da Lei nº 10.257/2001, este estudo se concentrou em duas subáreas específicas para desenvolver uma metodologia de mapeamento de áreas suscetíveis a inundações. As áreas selecionadas servirão como referência para estabelecer procedimentos metodológicos que possam ser amplamente aplicados ao mapeamento de outras regiões com riscos semelhantes.

Os locais propensos a inundações selecionados para o desenvolvimento da metodologia, estão situados em dois municípios distintos (Figura 10). A primeira área escolhida localiza-se entre o rio Mocajutuba e o rio Uruboca, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, no município de Marituba. Durante o período de maior pluviosidade, as regiões adjacentes a esse trecho são frequentemente inundadas, e a principal via do município, a BR-316, torna-se quase intransitável. Para a segunda área, foi escolhido o perímetro da Avenida Conselheiro Furtado, entre a Travessa Quintino Bocaiúva e a Avenida Alcindo Cacela, no município de Belém. Esse trecho está situado dentro da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova e sofre constantemente com inundações.

Figura 10 - Áreas suscetíveis a inundação na RMB

Pontos de Inundação na Região Metropolitana de Belém

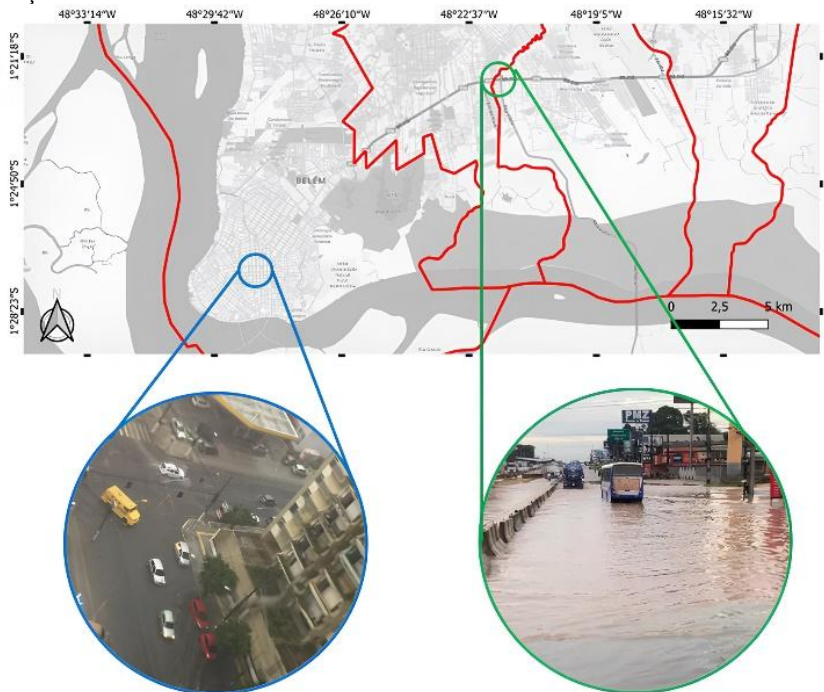
- Legenda**
- Limites Municipais
 - Ponto 1 – Avenida Conselheiro Furtado
 - Ponto 2 – BR-316 (Rio Uruboca)

Imagem Ponto 1: G1 (2018)

Imagem Ponto 2: Oliberal (2024)

Sistema de Coordenadas Geográficas – Datum:
SIRGAS 2000; Escala: 1:150.000; Dados
vetoriais IBGE; Satélite Waze Word

Fonte: Autor (2025)



Fonte: Autor.

Foram utilizadas as bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Google Earth e Waze Word para a produção de mapas temáticos. Para o Modelo Digital de Elevação (MDE), os dados foram adquiridos da plataforma TOPODATA,

disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no formato .TIFF de arquivo raster, a fim de permitir a extração da rede de drenagem.

Foram utilizados os softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.34.5 e GRASS GIS 8.2.0 (integrado ao QGIS). Com esses softwares, foram realizados os tratamentos e extrações necessários para a confecção dos mapas indispensáveis à análise das bacias hidrográficas.

O Modelo HAND (Height Above Nearest Drainage) foi empregado para mapear as áreas suscetíveis a inundações na Região Metropolitana de Belém. Essa ferramenta se revela especialmente útil para o planejamento urbano, gestão de desastres e conservação ambiental (Rennó *et al.*, 2008).

O processo de aplicação do modelo HAND inicia-se com a correção do MDE. Esse procedimento visa ajustar o MDE para refletir de maneira precisa o terreno natural, eliminando distorções que possam comprometer a análise. A exatidão do MDE é essencial, pois serve como base para todas as etapas subsequentes do modelo HAND, assegurando que a topografia do terreno seja representada com precisão (Nobre C.A. *et al.*, 2011, Nobre A.D., 2016).

Após a correção do MDE, o próximo passo consiste na determinação da direção do fluxo da água. O software analisa a topografia para identificar os caminhos naturais por onde a água escoaria em caso de chuvas intensas. Esse processo envolve o mapeamento das inclinações e declives do terreno, o que permite ao modelo prever com precisão as áreas que seriam afetadas pelo fluxo hídrico.

Em seguida, o modelo HAND calcula a capacidade de cada região do terreno em acumular água. Esse cálculo é fundamental para a previsão de inundações, pois leva em consideração a capacidade de absorção ou repelência da água em diferentes áreas. Regiões com menor capacidade de retenção são mais vulneráveis a inundações, e essas informações são essenciais para a identificação de zonas de risco.

Finalmente, o valor do HAND é calculado, representando a elevação de um ponto em relação à drenagem mais próxima. Esse cálculo proporciona uma visualização clara das áreas potencialmente afetadas por inundações. Ao gerar um raster HAND, os planejadores urbanos e gestores de desastres podem identificar e mapear com precisão as áreas vulneráveis, facilitando o desenvolvimento de estratégias de mitigação mais eficazes (Nobre C.A. *et al.*, 2011, Nobre A.D., 2016).

4.4 Avaliação dos Impactos Socioambientais

Para a avaliação dos impactos socioambientais, foram consultados os índices do Atlas da Vulnerabilidade Social, uma plataforma desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) que mapeia a vulnerabilidade social nos municípios e regiões metropolitanas brasileiras. Essa ferramenta disponibilizou informações e permitiu a consulta em diversos formatos de dados sobre a temática (Ipea, 2022). No Atlas da Vulnerabilidade Social, foi consultado o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), detalhado na Tabela 1.

Tabela 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 estarda 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).

4.4.1 IVS Infraestrutura Urbana

As dimensões que contemplam a vulnerabilidade da infraestrutura urbana buscam refletir as condições de acesso aos serviços de saneamento básico e de mobilidade urbana, detalhando-as mais amplamente, dado que esses dois aspectos impactam significativamente a qualidade de vida das pessoas que residem nesses locais. Essas dimensões levam em consideração as possibilidades e limites das informações coletadas pelos Censos Demográficos. Para compor essa dimensão, foram escolhidos indicadores sobre a presença de redes de abastecimento de água, de serviços de esgotamento sanitário e de coleta de lixo no território, bem como o indicador do tempo gasto no deslocamento entre a moradia e o local de trabalho, pela população ocupada de baixa renda, no território em questão (Ipea, 2016).

4.5 Plano Diretor Municipal e Políticas Públicas

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. 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 (Tabela 2), com o intuito de examinar os planos de ação e políticas públicas voltadas para eventos de natureza hidrológica.

Tabela 2 - Planos Diretores dos municípios pertencentes a RMB

Município	Regulamentação	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 nº 1.031, de 11 de outubro de 2006.	Dispões sobre o ordenamento territorial do Município de Benevides, e dá outras providências.
Santa Bárbara do Pará	Lei nº 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 nº 071, de 05 de outubro de 2006.	Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Santa Izabel do Pará.
Castanhal	Lei nº 015, de 04 de outubro de 2006.	Dispõe sobre o plano diretor para o período de 2007-2016; e dá outras providências.

Fonte: Autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O IPEA calculou o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para 5.565 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). 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. Na Tabela 3, podemos observar os valores obtidos para esses três ativos principais, cuja posse ou privação, determinam o bem-estar da população da RMB.

Tabela 3 - Valores de IVS da Região Metropolitana de Belém

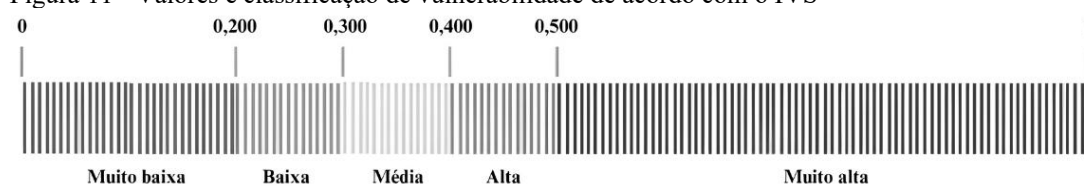
Vulnerabilidade Social da Região Metropolitana de Belém 2020-2021

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: Autor.

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 11.

Figura 11 - Valores e classificação de vulnerabilidade de acordo com o IVS



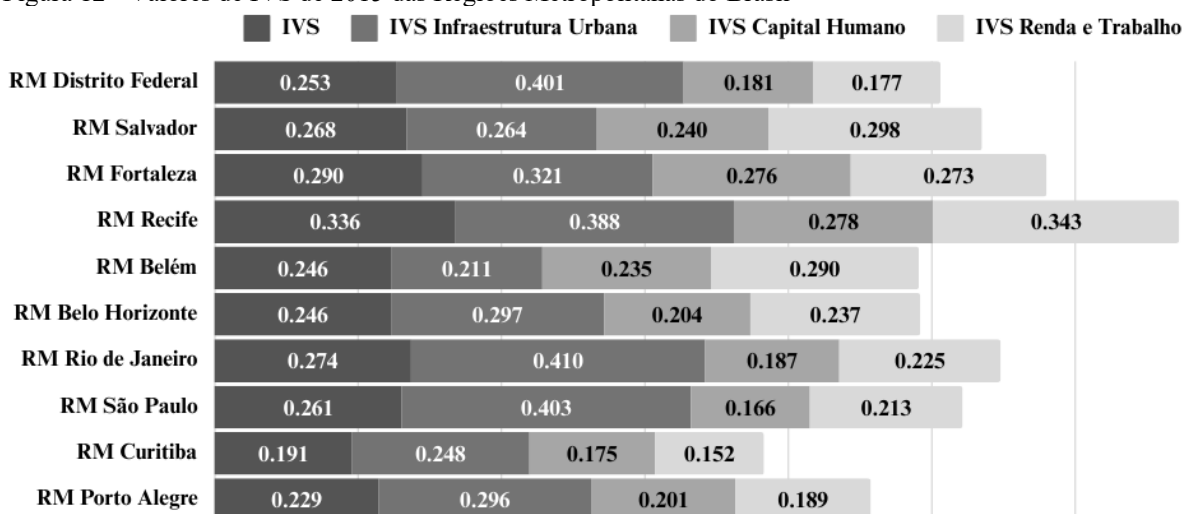
Fonte: Ipea (2015).

Observa-se que, em 2021, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) de Infraestrutura Urbana se classificou entre 0,201 e 0,300, indicando baixa vulnerabilidade, enquanto o IVS de Capital Humano se situou entre 0 e 0,200, refletindo áreas de muito baixa vulnerabilidade. Por

fim, o IVS de Renda e Trabalho variou entre 0,301 e 0,400, classificando-se como média vulnerabilidade. De forma geral, o IVS da Região Metropolitana de Belém foi de 0,263.

A análise do IVS na RMB revela no panorama geral das vulnerabilidades urbanas, de capital humano e de renda e trabalho, estão dentro do tolerável. Porém a RMB ainda precisar avançar em vários aspectos, principalmente no índice de renda e trabalho (0,356). Analisando ainda a Tabela 3, percebe-se uma evidente melhoria qualitativa de um decênio para o outro, com avanços significativos no panorama geral. Destaca-se, sobretudo, a ausência de áreas classificadas como de alto risco na última década. Na Figura 12, podemos fazer um comparativo da Região Metropolitana de Belém com outras regiões metropolitanas (RM) do Brasil em 2015, verifica-se que a RMB apresenta o terceiro menor IVS, posicionando-se atrás apenas das regiões metropolitanas de Curitiba e Porto Alegre.

Figura 12 - Valores de IVS de 2015 das Regiões Metropolitanas do Brasil

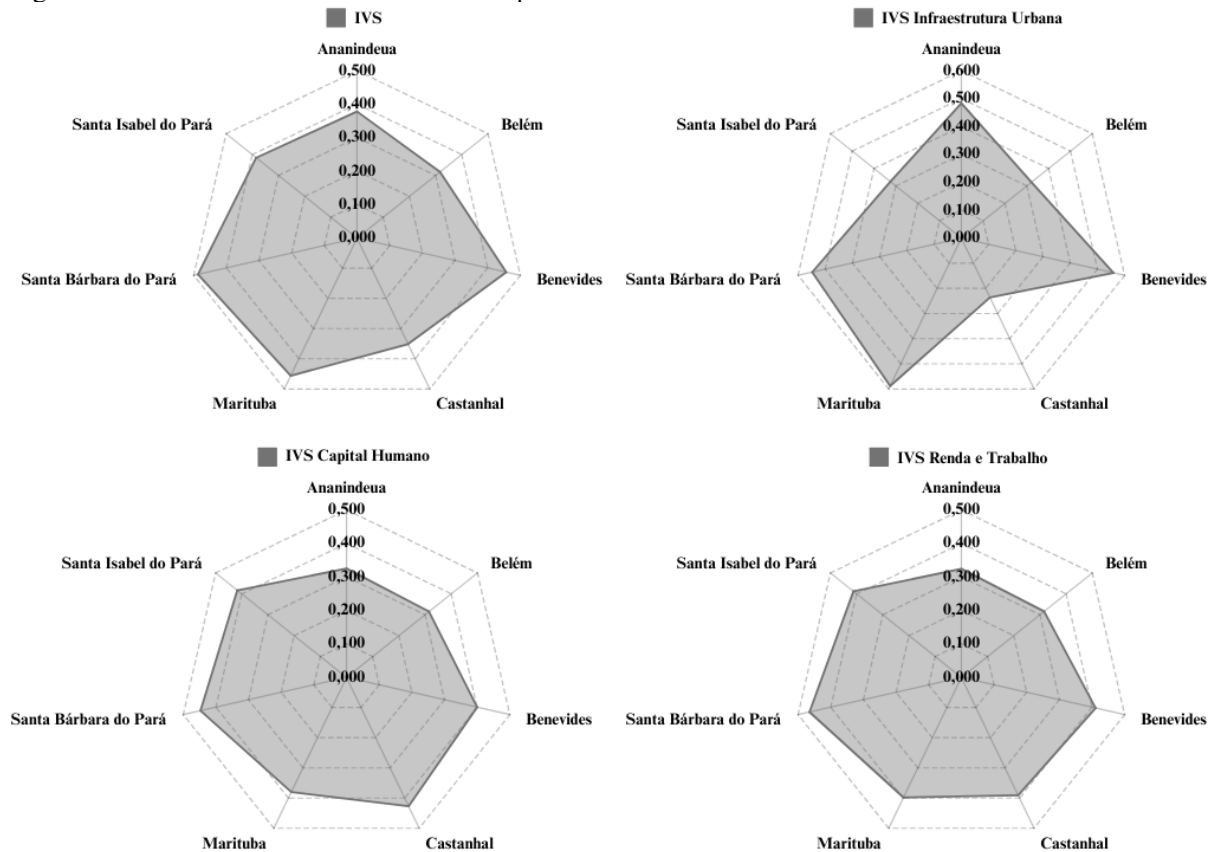


Fonte: Autor.

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). Em 2011, o Brasil alcançou o menor nível de desigualdade de renda desde o início dos registros oficiais nacionais, em 1960.

Ao analisar individualmente os municípios da Região Metropolitana de Belém (RMB) na década de 2010, observa-se uma considerável discrepância na variação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) entre as regiões. Destacam-se como exceções os municípios de Belém, Castanhal e Santa Isabel do Pará, que foram classificados como de médio nível de vulnerabilidade no IVS referente à Infraestrutura Urbana, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Valores de IVS de 2010 dos municípios RMB



Fonte: Autor.

A utilização do IVS mostrou-se bastante adequada para estabelecer bases científicas nas normas que integrarão os planos diretores, no quais devem orientar o planejamento das políticas públicas e a gestão territorial. Complementando essa análise, é importante destacar que áreas com altos índices de vulnerabilidade social tendem a apresentar menor capacidade adaptativa frente a eventos extremos, como enchentes e inundações. Segundo estudo realizado por Kayaga *et al.* (2021), municípios com IVS elevado apresentam deficiências significativas em infraestrutura urbana e serviços essenciais, o que potencializa os impactos negativos dos eventos hidrológicos, especialmente entre as populações mais pobres. Isso reforça a necessidade de incorporar indicadores sociais como o IVS no processo de planejamento urbano,

especialmente na formulação dos planos diretores, de forma a garantir que as intervenções sejam eficazes, equitativas e territorialmente adequadas.

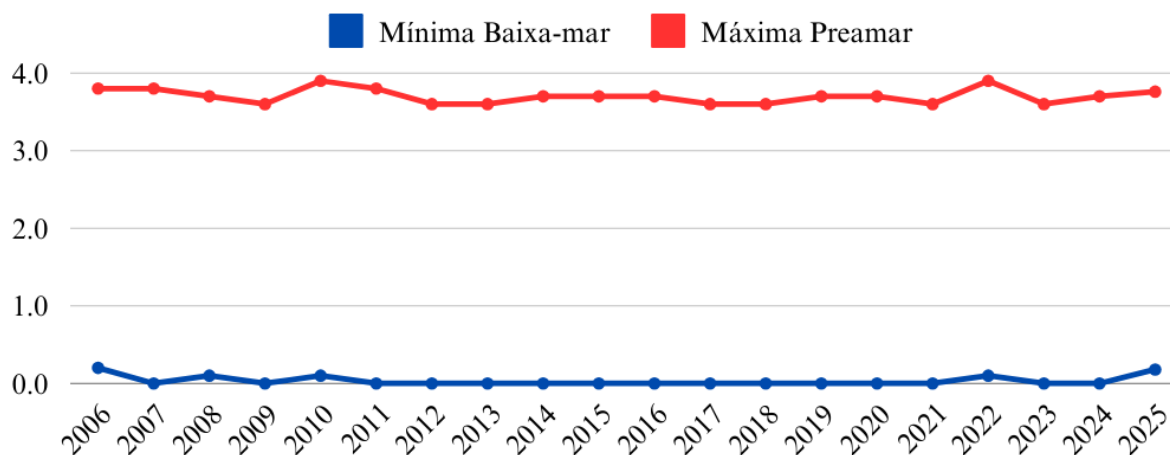
No entanto, ao analisar os planos diretores da RMB, evidenciou-se uma significativa lacuna no que diz respeito à gestão de riscos e desastres naturais. Embora os municípios de Belém, Santa Izabel do Pará e Castanhal abordem, de forma superficial, questões relacionadas a inundações, essas iniciativas isoladas mostram-se insuficientes diante da crescente complexidade dos desafios climáticos e ambientais.

A ausência de uma abordagem direta e integrada nos planos diretores compromete a capacidade de mitigação de riscos e a adaptação das cidades frente a eventos adversos, expondo a população a situações de vulnerabilidade (Dandoulaki *et al.*, 2023). Essa lacuna reforça a necessidade de políticas públicas preventivas e abrangentes que transcendam ações pontuais e garantam uma gestão territorial mais eficiente e sustentável.

Além disso, seria pertinente estabelecer uma análise comparativa com outras regiões metropolitanas que já implementam estratégias mais completas de gestão de riscos, possibilitando a identificação de boas práticas que possam ser adaptadas à realidade da RMB. Torna-se, portanto, imperativo que futuras revisões dos planos diretores incorporem diretrizes integradas, capazes de fortalecer a resiliência urbana e assegurar um desenvolvimento sustentável.

Outra vertente relevante deste estudo foi a utilização de dados sobre o comportamento das marés, os quais contribuem para a adoção de estratégias mais integradas e eficazes de gestão de riscos. Conforme ilustrado na Figura 14, os registros das máximas preamar e mínimas baixa-mar ao longo dos últimos 20 anos, disponibilizados pelo BNDO e pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Figura 14 - Registro histórico das cotas de maré na RMB

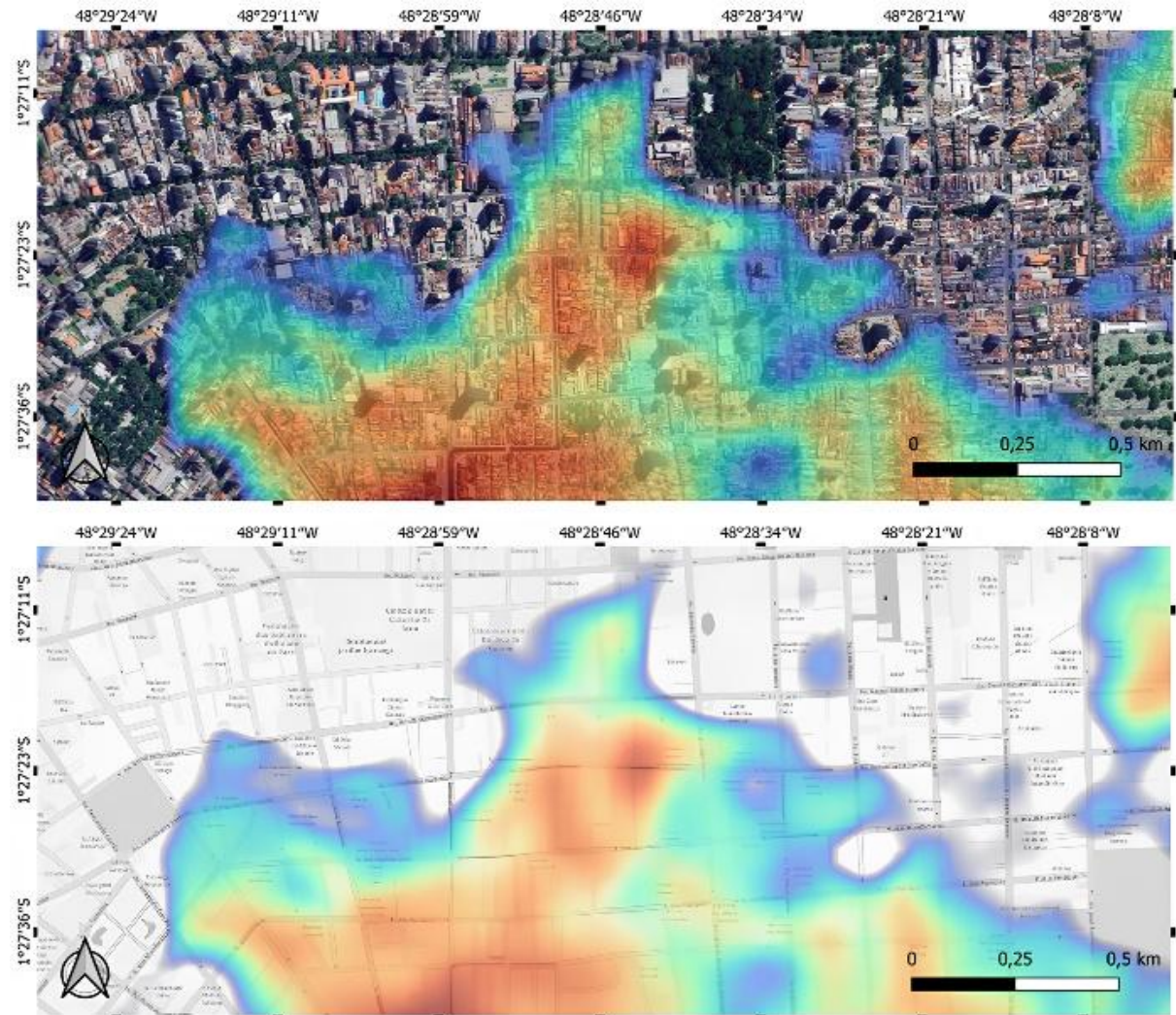


Fonte: Autor.

Esses dados subsidiaram a elaboração dos mapas de riscos de inundações da RMB, os quais serviram como diretrizes preventivas nos planos diretores, permitindo uma gestão territorial integrada que considere os impactos das variações climáticas e hidrológicas, fortalecendo a resiliência urbana e promovendo um desenvolvimento sustentável.

Os mapas das Figuras 15 e 16 apresentam a delimitação das manchas de inundações resultantes da aplicação do método HAND, considerando a cota máxima de maré de 3,9 metros. 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.

Figura 15 - Mapa de Inundação do Ponto 1



Legenda



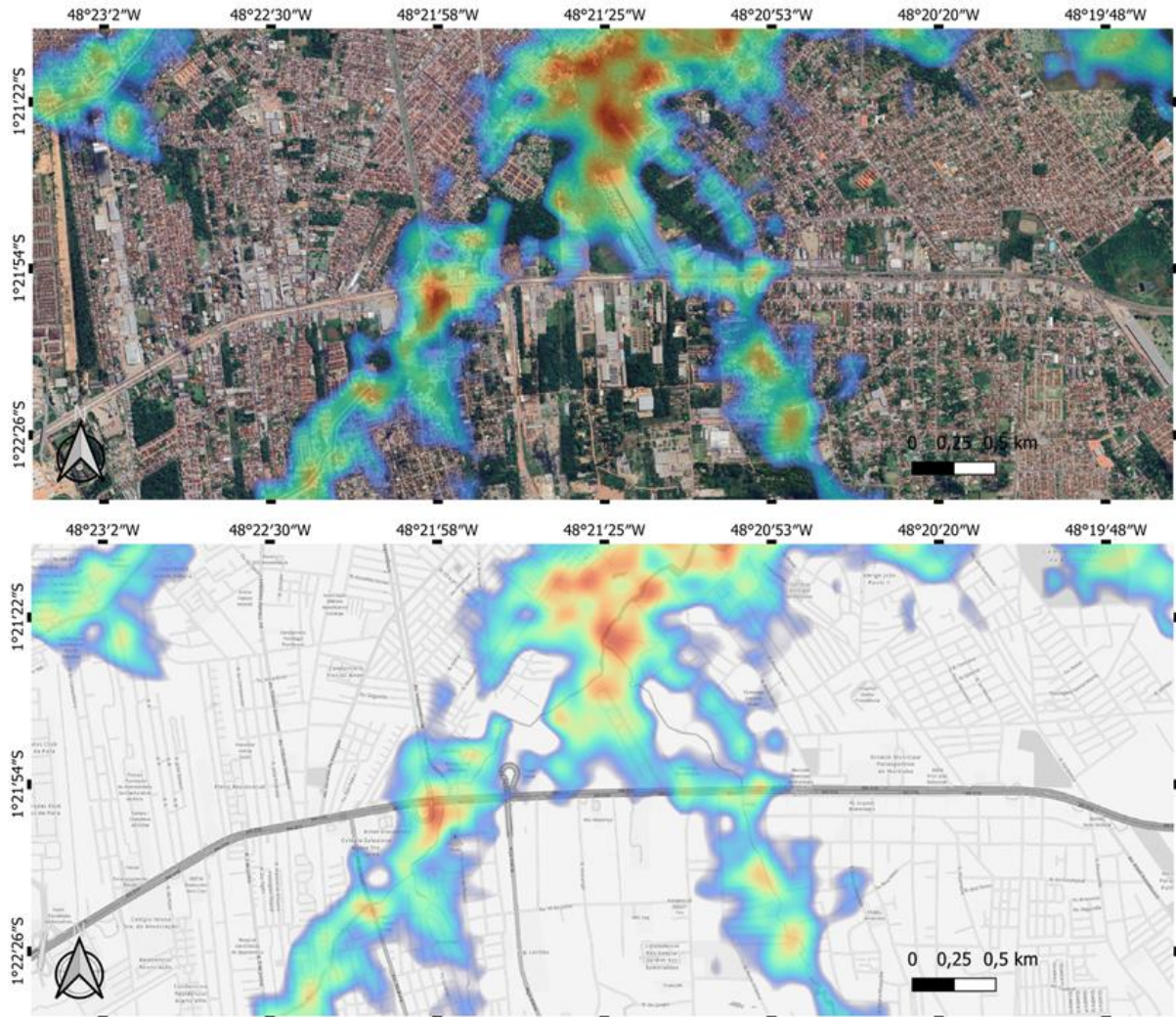
Risco de Inundação no Perímetro da Avenida Conselheiro Furtado

✦ Município de Belém - PA ✦

Sistema de Coordenadas Geográficas – Datum: SIRGAS 2000; Escala: 1:10.000;
 Dados vetoriais IBGE; MDE Topodata INPE; Google Earth e Satélite Waze Word
 Fonte: Autor (2025)

Fonte: Autor.

Figura 16 - Mapa de Inundação do Ponto 2



Fonte: Autor.

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).

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).

Portanto, o estudo mostra-se relevante, mas é importante expandir a análise sobre os impactos sociais e ambientais, as limitações do método e as aplicações práticas dos dados gerados para melhorar a gestão de riscos de inundações, com foco na construção de uma cidade mais resiliente e sustentável.

5.1 Produto Técnico

O produto da pesquisa é a elaboração de soluções e de propostas normativas para os planos diretores. Soluções e propostas normativas baseadas e regulamentadas mediante as diretrizes especificadas nos incisos I, II, III, IV, V e VI do artigo 42-A da Lei nº 10.257/2001 (artigo incluído através da Lei nº 12.608/2012).

As diretrizes propostas abordam de forma abrangente os diversos aspectos da gestão urbana, desde a infraestrutura básica até a mitigação de riscos ambientais, passando pela promoção do desenvolvimento sustentável. Ao incorporar essas diretrizes nos planos diretores, espera-se não apenas a melhoria da qualidade de vida das populações, mas também a criação de cidades mais resilientes e preparadas para enfrentar desafios climáticos e socioeconômicos.

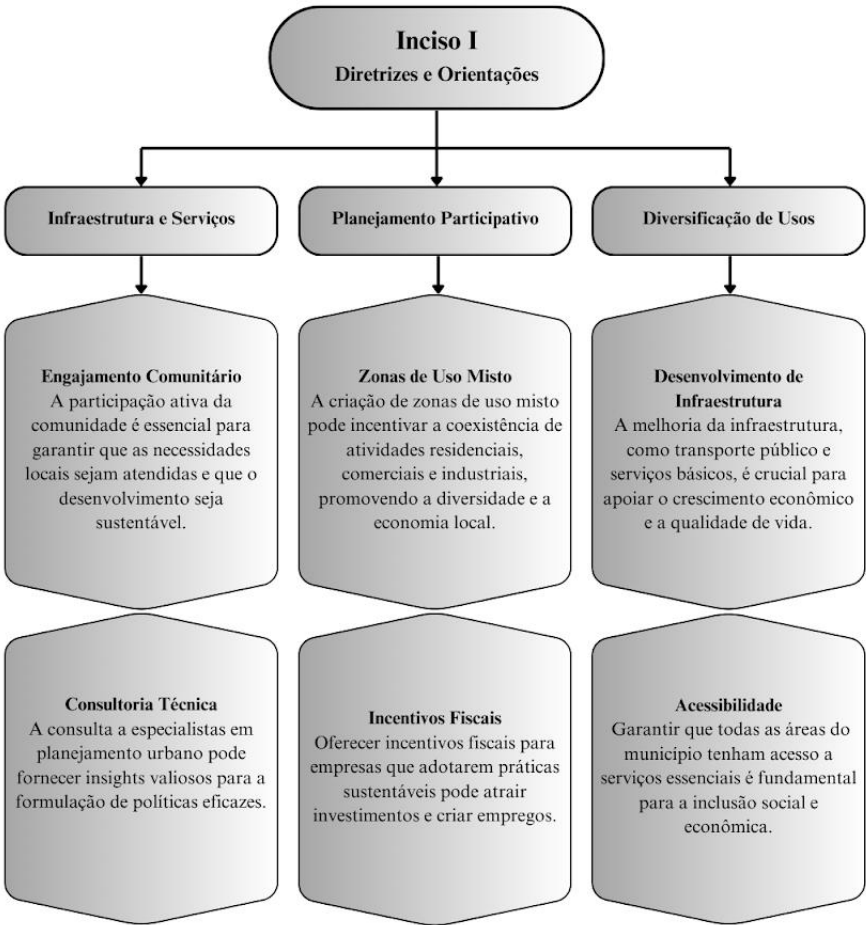
Em suma, a regulamentação das soluções normativas com base nos incisos do artigo 42-A da Lei nº 10.257/2001 constitui um marco importante para a efetivação de políticas urbanas mais integradas e eficientes. A pesquisa contribui de forma crucial para fornecer um

embasamento técnico e científico que orientará os gestores públicos na elaboração de planos diretores mais adequados às necessidades e especificidades de cada município, promovendo um desenvolvimento urbano equilibrado e sustentável.

5.1.1 Inciso I - Parâmetros de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, de modo a Promover a Diversidade de Usos e a Contribuir para a Geração de Emprego e Renda

A implementação de parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo é uma estratégia essencial para promover a diversidade de usos do território e impulsionar a geração de emprego e renda em um município (Prado, 2024). Esses parâmetros (Figura 17), quando bem definidos e aplicados, permitem a criação de um ambiente urbano multifuncional, onde residências, comércios, indústrias e áreas de lazer coexistem de maneira harmoniosa (Liao; Chern, 2015). Isso não apenas melhora a qualidade de vida dos moradores, mas também atrai investimentos e fomenta a atividade econômica local.

Figura 17 - Fluxograma metodológico do Inciso I



Fonte: Autor.

Um planejamento urbano eficiente, ao considerar esses parâmetros, transforma áreas urbanas em polos de desenvolvimento econômico e social. Ao facilitar a instalação de novas empresas e a oferta de serviços, o município pode criar oportunidades de trabalho e incentivar o empreendedorismo (Coelho, 2000). Além disso, um uso do solo diversificado contribui para a redução das desigualdades sociais, promovendo um desenvolvimento mais equitativo e sustentável (Lim; Jørgensen; Wyborn, 2018). A criação de espaços verdes, áreas de convivência e infraestrutura adequada também eleva a atratividade da cidade, tornando-a um lugar desejável para viver e trabalhar.

Portanto, a adoção de políticas urbanísticas que integrem parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo é crucial para a transformação positiva das cidades. Essas políticas devem ser acompanhadas de mecanismos de gestão que garantam a sua efetividade e a participação ativa da sociedade (Faustino; Pereira, 2024). Ao promover um crescimento ordenado e inclusivo, os municípios conseguem não apenas atender às demandas atuais, mas também se preparar para os desafios futuros, assegurando um desenvolvimento urbano sustentável e equilibrado para as próximas gerações.

5.1.2 Inciso II - Mapeamento Contendo as Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos

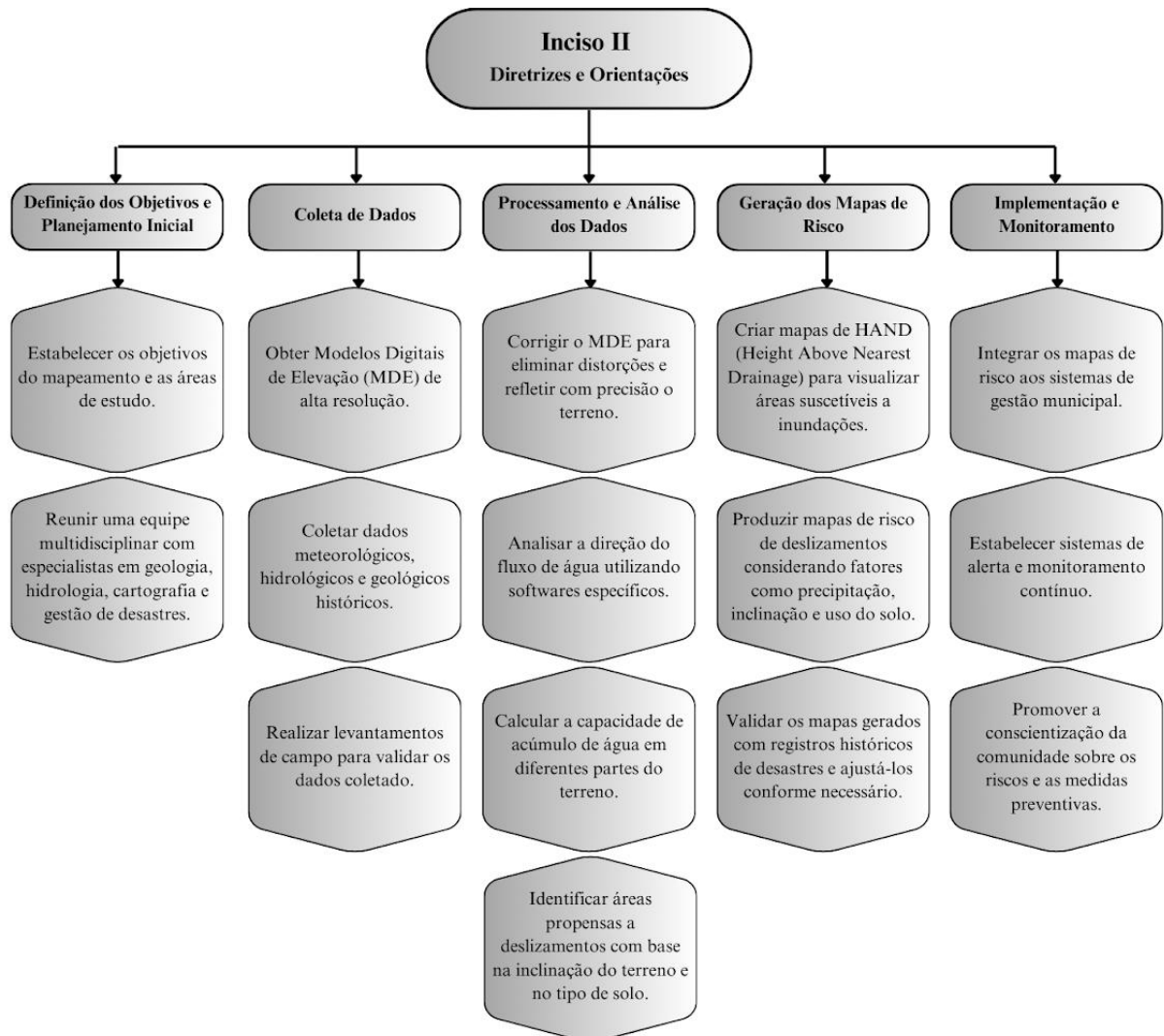
A implementação de um mapeamento detalhado para identificar áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações bruscas e processos geológicos ou hidrológicos correlatos é crucial para a gestão de riscos e a proteção da população em um município (Brasil, 2012). Esse mapeamento é uma ferramenta fundamental para a formulação de políticas públicas eficazes na prevenção de desastres naturais, pois permite uma análise precisa e contextualizada das áreas de maior vulnerabilidade (Anelli; Tajani; Ranieri, 2022).

Para a realização desse mapeamento, é essencial iniciar com a coleta de dados históricos e a análise de eventos passados, identificando padrões de risco. A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto, como drones e imagens de satélite, aliada aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), proporciona dados precisos sobre a topografia e hidrologia da região, possibilitando a criação de mapas de vulnerabilidade por meio da modelagem geoespacial (Godara *et al*, 2024).

Com os dados coletados, é possível identificar e classificar as áreas de risco conforme o grau de suscetibilidade. O desenvolvimento de mapas que indiquem zonas de maior vulnerabilidade é essencial para o planejamento urbano e a definição de zonas de risco. Medidas práticas, como a criação de políticas de mitigação, obras de contenção e drenagem urbana, além

de campanhas educativas e programas de capacitação para a população e gestores municipais, são fundamentais para minimizar os riscos e proteger as populações em áreas vulneráveis (Oda; Riondet-Costa; Vieira Mattos, 2022). Portanto, a integração de dados científicos no planejamento urbano é vital para promover a resiliência e segurança das cidades diante dos desastres naturais. A Figura 18 demonstra o fluxograma desenvolvida para o inciso II.

Figura 18 - Fluxograma metodológico do Inciso II



Fonte: Autor.

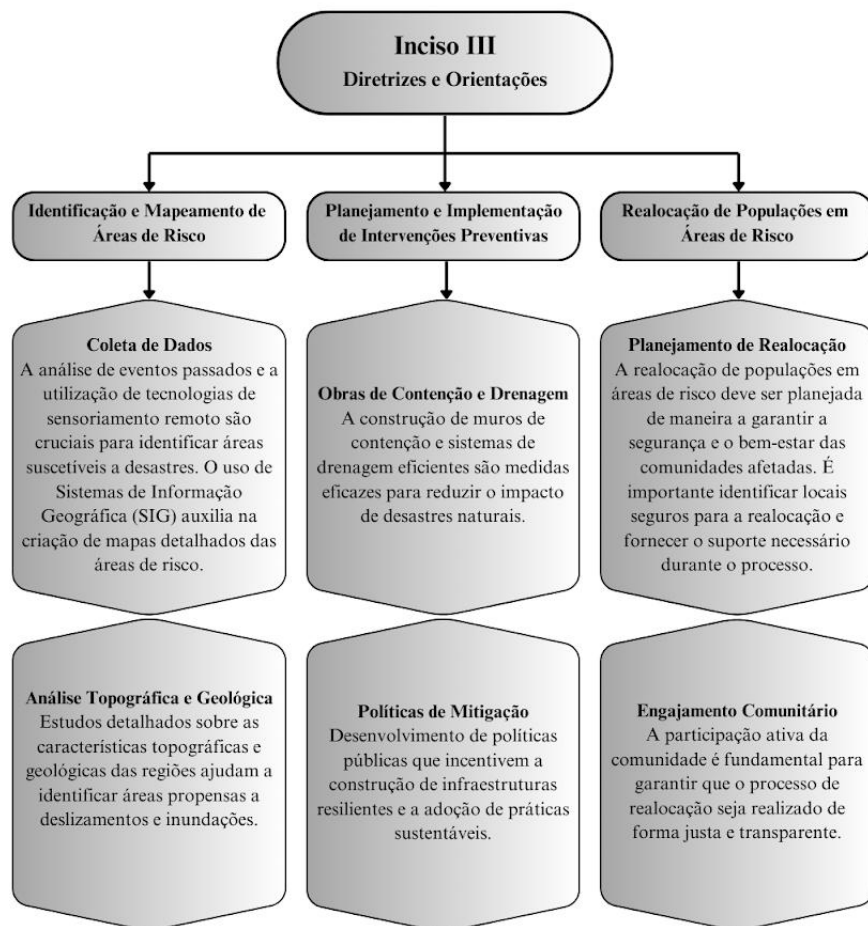
A aplicação do Modelo HAND oferece uma abordagem abrangente e precisa para o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações. Com a correção do MDE, a determinação da direção do fluxo, o cálculo do acúmulo de água e a geração do raster HAND, é possível visualizar de maneira clara e detalhada as zonas de risco. Essa metodologia não só auxilia no planejamento urbano e na gestão de desastres, como também contribui significativamente para

a conservação ambiental, permitindo a implementação de ações preventivas e mitigatórias mais eficazes.

5.1.3 Inciso III - Planejamento de Ações de Intervenção Preventiva e Realocação de População de Áreas de Risco de Desastre

O planejamento de ações de intervenção preventiva e a realocação de populações em áreas de risco de desastre são fundamentais para assegurar a segurança e o bem-estar da população (Figura 19). A eficácia dessas medidas está diretamente relacionada a um planejamento urbano bem estruturado, que leve em consideração as especificidades de cada região e a vulnerabilidade de suas áreas (Mytko, 2024). A prevenção de desastres naturais exige uma abordagem proativa, que envolva a análise detalhada dos riscos, o uso de tecnologias avançadas para mapeamento e monitoramento, e a participação ativa das comunidades afetada (Munawar *et al.*, 2022).

Figura 19 - Fluxograma metodológico do Inciso III



Fonte: Autor.

Além disso, a integração de políticas públicas voltadas para a redução de riscos e a adaptação às mudanças climáticas é crucial para a construção de cidades resilientes. A realocação de populações em áreas de risco deve ser conduzida de maneira justa e inclusiva, garantindo que as pessoas afetadas tenham acesso a novas oportunidades de moradia e infraestrutura adequada (Jain *et al.*, 2023). A colaboração entre governos, instituições de pesquisa e a sociedade civil é essencial para desenvolver estratégias eficientes e sustentáveis.

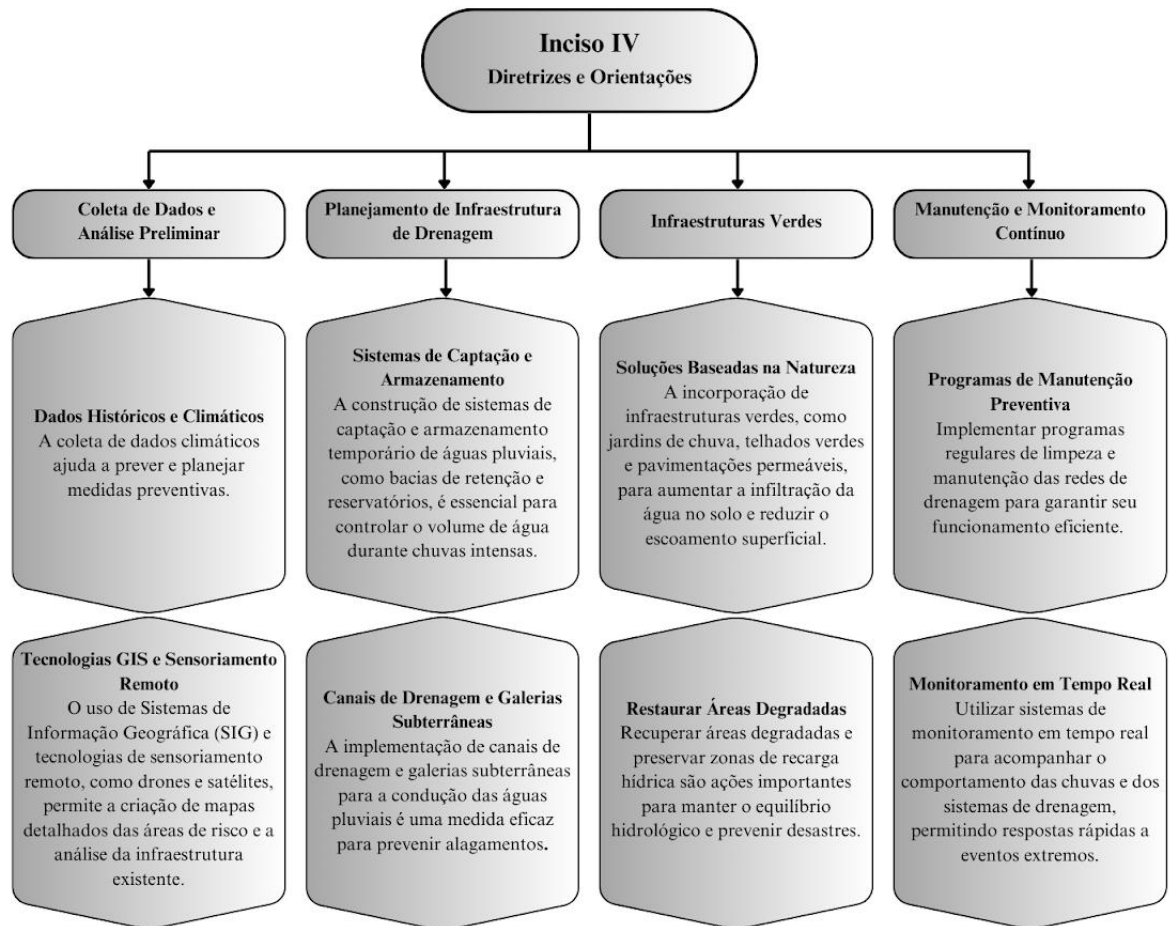
Portanto, a prevenção de desastres naturais e a gestão de riscos dependem de um planejamento urbano eficaz, que priorize a segurança e o bem-estar da população. Medidas preventivas, baseadas em dados científicos e em uma abordagem integrada, são indispensáveis para minimizar os impactos de desastres naturais e promover um desenvolvimento urbano sustentável e seguro para todos (Rezvani *et al.*, 2023).

5.1.4 Inciso IV - Medidas de Drenagem Urbana Necessárias à Prevenção e à Mitigação de Impactos de Desastres

A implementação de medidas de drenagem urbana desempenha um papel fundamental na prevenção e mitigação de impactos de desastres, particularmente em áreas urbanas suscetíveis a inundações e deslizamentos (Rezvani *et al.*, 2023). A gestão eficiente das águas pluviais é essencial para reduzir os riscos associados a eventos hidrológicos extremos, protegendo a infraestrutura urbana e salvaguardando a população.

Medidas como a construção de sistemas de drenagem adequados, bacias de retenção e canais de escoamento contribuem para o controle do fluxo das águas, evitando o acúmulo e a consequente inundação de áreas residenciais e comerciais (Serra-Llobet *et al.*, 2022). Além disso, a manutenção regular e o monitoramento contínuo dessas infraestruturas são cruciais para garantir seu funcionamento eficaz, principalmente durante períodos de chuvas intensas (Barrelas; Ren; Pereira, 2021). A Figura 20 ilustra a metodologia para o inciso IV.

Figura 20 - Fluxograma metodológico do Inciso IV



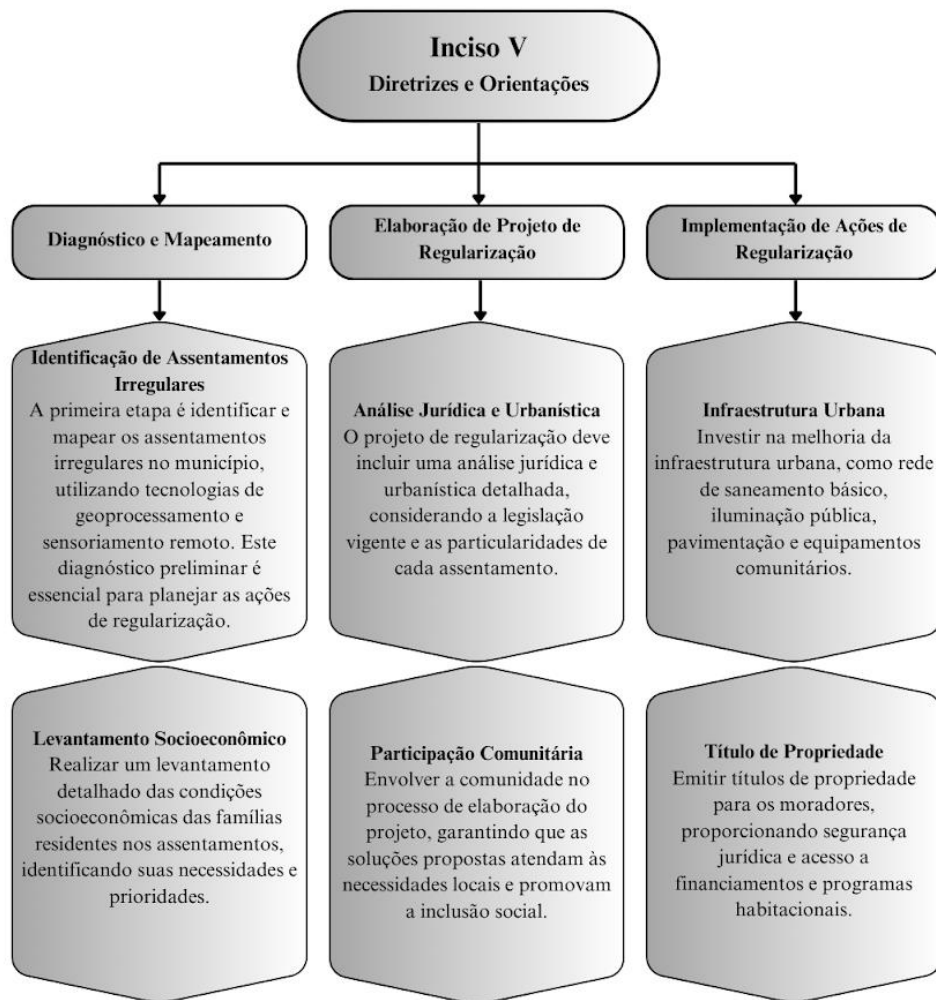
Fonte: Autor.

Portanto, investir em soluções de drenagem urbana e na gestão integrada das águas pluviais é indispensável para criar cidades mais resilientes e seguras. Essas ações não apenas minimizam os impactos de desastres naturais, mas também promovem um desenvolvimento urbano sustentável, garantindo a segurança e o bem-estar da população em longo prazo.

5.1.5 Inciso V - Diretrizes para a Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos Irregulares

A regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares é essencial para assegurar a segurança jurídica, melhorar as condições habitacionais e garantir o acesso aos serviços urbanos. De acordo com a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, e outras normas federais e estaduais pertinentes, essa regularização deve seguir diretrizes específicas (Figura 21) que promovam a habitação de interesse social.

Figura 21 - Fluxograma metodológico do Inciso V



Fonte: Autor.

A implementação dessas diretrizes possibilita a formalização da posse, conferindo aos moradores direitos e deveres legais sobre seus imóveis. Além disso, a regularização fundiária permite que áreas irregulares recebam investimentos em infraestrutura, como saneamento básico, iluminação pública, pavimentação e outras melhorias urbanas, elevando a qualidade de vida dos residentes (Oliveira *et al.*, 2024).

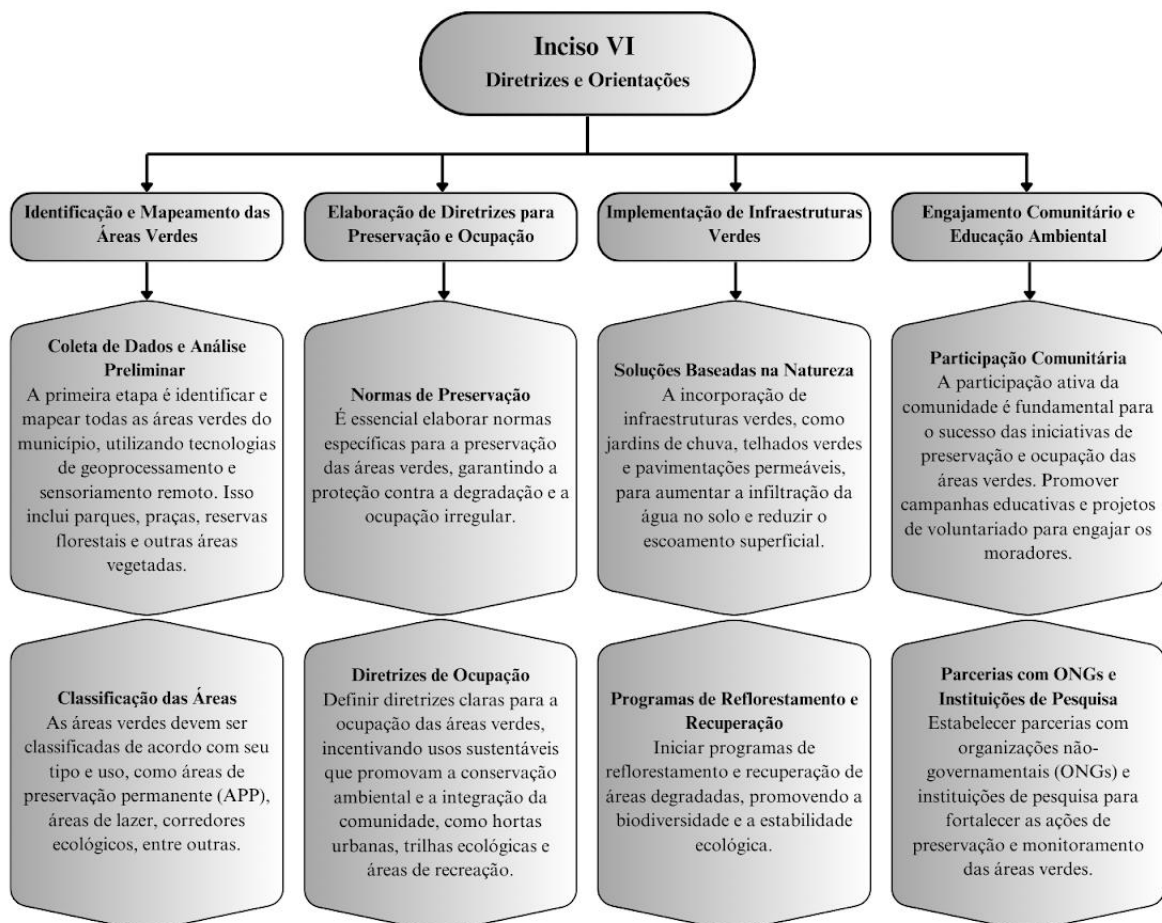
Portanto, a regularização fundiária não só garante a inclusão social e a cidadania plena dos moradores de assentamentos informais, mas também contribui para um desenvolvimento urbano mais ordenado e sustentável. A adoção de políticas públicas voltadas para essa regularização é fundamental para promover a justiça social e a integração de todos os cidadãos ao tecido urbano.

5.1.6 Inciso VI - Identificação e Diretrizes para a Preservação e Ocupação das Áreas Verdes Municipais, quando for o Caso, com Vistas à Redução da Impermeabilização das Cidades

A preservação e a ocupação adequada das áreas verdes municipais são essenciais para promover a sustentabilidade urbana e reduzir a impermeabilização das cidades (Tardieu *et al.*, 2021). Essas áreas desempenham um papel vital na absorção da água da chuva, ajudando a prevenir inundações. Além disso, as áreas verdes contribuem significativamente para a mitigação das ilhas de calor, fenômeno comum em centros urbanos que eleva a temperatura local e afeta negativamente a qualidade de vida (Amorim, 2020).

A incorporação de áreas verdes nos planos de desenvolvimento urbano também melhora a qualidade do ar e oferece espaços de lazer e convivência para a população, promovendo a saúde e o bem-estar dos moradores (Zhang; Qian, 2024.). A vegetação urbana tem a capacidade de filtrar poluentes atmosféricos, reduzir o ruído e proporcionar um ambiente mais agradável e esteticamente apazível. Dessa forma, as áreas verdes não apenas beneficiam o ecossistema urbano, mas também têm um impacto positivo direto na vida das pessoas. o fluxograma na Figura 22 foi desenvolvida para direcionar o inciso VI.

Figura 22 - Fluxograma metodológico do Inciso VI



Fonte: Autor.

A proteção e a gestão adequada das áreas verdes devem ser prioridades nos processos de planejamento urbano. O equilíbrio entre desenvolvimento urbano e conservação ambiental é crucial para garantir um futuro melhor para as próximas gerações (Uralovich *et al.*, 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos planos diretores da Região Metropolitana de Belém evidencia uma lacuna significativa na incorporação de questões climáticas, com menções superficiais às inundações em alguns municípios. Isso reforça a necessidade urgente de revisar e atualizar esses planos, integrando políticas abrangentes de gestão de riscos e desastres naturais para viabilizar um planejamento urbano mais resiliente e adaptado às mudanças climáticas.

A abordagem da pesquisa, ao centralizar a vulnerabilidade social, forneceu uma visão ampla e detalhada dos desafios regionais, considerando aspectos biofísicos, urbanísticos e socioeconômicos. Essa análise identificou áreas mais vulneráveis e os impactos diferenciados dos eventos hidrológicos, destacando a importância do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS) no planejamento urbano. O uso de dados socioeconômicos do IVS possibilita estratégias de mitigação mais precisas, promovendo justiça social e sustentabilidade ambiental.

O desenvolvimento de propostas normativas baseado no artigo 42-A da Lei nº 10.257/2001 foi essencial para orientar políticas eficazes e contextualizadas. Essas medidas não apenas mitigam riscos de desastres naturais, mas também fomentam uma gestão territorial mais resiliente e alinhada às especificidades regionais.

Em relação ao método HAND, embora o baixo custo do *software* seja uma vantagem clara, ele deve ser analisado dentro de um contexto mais amplo, considerando sua relação custo-benefício. Em suma, a pesquisa reafirma a relevância de um planejamento urbano integrado e embasado cientificamente, fortalecendo a resiliência e promovendo um desenvolvimento urbano mais seguro e equilibrado para a Região Metropolitana de Belém.

REFERÊNCIAS

- AJTAL, I.; ȘTEFANIE, H.; MALOȘ, C.; BOTEZAN, C.; RADOVICI, A.; BIZAU-CÂRSTEA, M.; BACIU, C. Mapping social vulnerability to floods: A comprehensive framework using a vulnerability index approach and PCA analysis. **Ecological Indicators**, v.154, e110838, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110838>.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1. ed. Curitiba: Appris, v. 1, p. 161, 2020.
- ANELLI, Debora; TAJANI, Francesco; RANIERI, Rossana. Urban resilience against natural disasters: Mapping the risk with an innovative indicators-based assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 371, e 133496, 2022.
- ARTAXO, Paulo *et al.* Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 168-22, 2006.
- BARRELAS, J.; REN, Q.; PEREIRA, C. Implications of climate change in the implementation of maintenance planning and use of building inspection systems. **Journal of Building Engineering**, v. 40, e 102777, 2021.
- BOGO, R. S. Plano diretor participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC. **Cadernos Metrópole**, v.22, n.48, p.555–578, 2020. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4810>
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, 2023.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2001.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 abr. 2012.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)**. 2025.
- CALDEIRA, Luiz Antônio Cardoso; LIMA, Diogo Pedreira. Drenagem urbana: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, v.8, n.2, p.1-9, 2020.
- CARVALHO, Celso Santos.; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi (orgs). **Mapeamento de risco em encosta e margem de rios**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, p.93, 2007.
- CASTELLANO, Marina Sória. **Extremos de chuva na região metropolitana de Campinas (SP): impactos, análise socioeconômica e políticas públicas**. Orientadora: Dra. Lucí Hidalgo Nunes. 2016. 00f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociência da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Tábuas de maré, Porto de Belém/PA**. Pará: CPTEC, 2025. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 19 fev. 2025.

COELHO, Franklin Dias. **Desenvolvimento econômico local no Brasil**: as experiências recentes num contexto de descentralização (LC/R. 1972). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2000.

CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA (CNJ). **Conheça a hierarquia das leis brasileiras**. Brasília, DF: CNJ, 2018. Disponível em: https://www.cnj.jus.br/cnj-servico-conheca-a-hierarquia-das-leis-brasileiras/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 18 fev. 2025.

CONSULTORIA GERAL DO MUNICÍPIO (CGM). Ananindeua (PA). Prefeitura Municipal. **80 anos**: conheça a história de Ananindeua desde sua origem. Disponível em: <https://www.ananindeua.pa.gov.br/consultoria/noticia/4139/80-anos-conheca-a-historia-de-ananindeua-desde-sua-origem>. Acesso em: 18 fev. 2025.

COSTA, Marco Aurélio *et al.* **Vulnerabilidade social no Brasil**: conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2018.

DANDOULAKI, M.; LAZOGLOU, M.; PANGAS, N.; SERRAOS, K. Disaster risk management and spatial planning: evidence from the Fire-Stricken area of Mati, Greece. **Sustai-Nability**, v.15, n.12, e 9776, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su15129776>. Aces-so: 11 nov. 2024.

DECARLI, Nairane; FERRAREZE FILHO, Paulo. Plano diretor e o Estatuto da Cidade. **Senatus**, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 35-43, maio 2008.

ENXURRADA atinge principais avenidas do município de Benevides. **O Liberal**. Belém, 2023. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/enxurrada-atinge-principais-avenidas-do-municipio-de-benevides-1.675878>. Acesso em: 20 fev. 2025.

FAUSTINO, Antonio Júlio Celestino; PEREIRA, Aguinaldo. Políticas públicas educacionais de inclusão social: public educational policies for social inclusion. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 5, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61164/rmm.v5i1.2462>.

FERNANDES, J. V. F.; PALHARES, R. H.; SANTOS, R. A. Mapeamento da vulnerabilidade social em Montes Claros-MG: A importância da avaliação social no contexto dos desastres naturais. *Revista Da ANPE-GE*, v.20, n.43, 2025. Disponível: <https://doi.org/10.5418/ra2024.v20i43.18833>. Acesso: 4 abr. 2025.

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: 11 janeiro 2025.

FORTE chuva que caiu no começo da tarde em Castanhal provoca alagamentos. Castanhal. **O Liberal**, Belém, 2024c. Disponível em: <https://www.oliberal.com/para/forte-chuva-que-caiu-no-comeco-da-tarde-em-castanhal-provoca-alagamentos-1.794950>. Acesso em: 20 fev. 2025.

FOURIER, Jean Baptiste Joseph. **Théorie analytique de la chaleur**. Paris, 1822.

FRANÇA, Rubens Limongi. **Enciclopédia Saraiva do Direito**. São Paulo, Saraiva, v. 48, p. 430. 1977.

FRANCO, Alberto dos Santos. **Tides: fundamentals, analysis and prediction**. 2. ed. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), 1988.

FREITAS, Carlos Machado; CORVALAN, Carlos; SILVA, Eliane Lima e (orgs.). **Desastres naturais e saúde no Brasil**. Brasília, DF: OPAS; Ministério da Saúde, 2015. Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2.

GODARA, Nitesh *et al.* Geospatial techniques for flash flood hazard assessment and management. *In: THAKUR, Disha et al. (edt.). Sustainable development using geospatial techniques*. Belém: Wiley, 2024. p. 241-262. <https://doi.org/10.1002/9781394214426.ch10>.

GOPALAN, Radha; RADHAKRISHNA, Sindhu. Cities and biodiversity: hidden connections between the built form and life. *In: DHYANI, de S et al. (org.). Blue-green infrastructure across Asian Countries: improving urban resilience and sustainability*. Singapore: Springer Singapore, 2022. p. 141-162.

GRANDE Belém tem 10 horas de chuva de 116 mm, provocando inundações em casas e vias públicas. **O Liberal**, Belém, 2024a. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/grande-belem-tem-10-horas-de-chuva-de-116-mm-provocando-inundacoes-em-casas-e-vias-publicas-1.764896>. Acesso em: 20 fev. 2025.

HAMBLYN, Richard. **The cloud book: how to understand the skies**. [S.l.]: David and Charles, 2021.

HERZOG, Cecília Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, v.1, p.92-115, 2010. Acesso em: 18 fev. 2025.

HOUZE JR, Robert A. Orographic effects on precipitating clouds. **Reviews of Geophysics**, v. 50, n. 1, Mar. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2011RG000365>. Acesso em: 18 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>. Acesso em: 19 fev. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **A década inclusiva (2001-2011): desigualdade, pobreza e políticas de renda**. n. 155, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/comunicado/120925_comunicadodoipea_155_v5.pdf. Acesso em: 18 fev. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Editores: Marco Aurélio Costa, Bárbara Oliveira Marguti. Brasília, DF: IPEA, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **O Atlas**. Brasília, DF: IPEA, 2022. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/sobre>. Acesso em: 19 fev. 2025.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). **História - Belém (PA)**. [S.l.]: IPHAN, 2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas 1961 a 1990**. Brasília, DF: Inmet, 1992.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, IPCC, 2007.

JAIN, Harshita *et al.* AI-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change. **Computational Urban Science**, v. 3, n. 1, e 25, 2023.

KAYAGA, S. M.; AMANKWAA, E. F.; GOUGH, K. V.; WILBY, R. L.; ABARIKE, M. A.; CODJOE, S. N.; GRIFFITHS, P. Cities and extreme weather events: impacts of flooding and ex-treme heat on water and electricity services in Ghana. **Environment and Urbanization**, v.33, n.1, p.131-150, 2021.

KAZTMAN, Rubén. Seducidos y abandonados: el aislamiento social de los pobres urbanos. **Revista de la CEPAL**, Santiago do Chile, n.75, p.171-189. Dec. 2001.

KUHN, Thomas. **The structure of scientific revolutions**. 2nd. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

LAZARIDIS, Mihalís; LAZARIDIS, Mihalís. **First principles of meteorology**. Netherlands: Springer, 2011.

LIAO, Yu-Tsun; CHERN, Shuh-Gi. Strategic ecocity development in urban–rural fringes: analyzing Wulai district. **Sustainable Cities and Society**, v. 19, p. 98-108, 2015.

LIM, Michelle M.L.; JØRGENSEN, Peter Søgaaard; WYBORN, Carina A. Reframing the sustainable development goals to achieve sustainable development in the Anthropocene—a systems approach. **Ecology and Society**, v. 23, n. 3, p.00-00, 2018.

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 ar-Xiv**, 2301.00312. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2301.00312>. Acesso em: 01 jan. 2025.

LOPES, Walmira Ferreira; ANDRADE, Milena Marília Nogueira de. Percepção de risco a alagamentos e inundações: estudo de caso no bairro do Marco (Belém-PA). In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra - a saúde ambiental para a vitalidade do planeta**. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2021. p. 177-191.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). **Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/intercambio-de-dados-marinhos/banco-nacional-de-dados-oceanograficos>. Acesso em: 3 nov. 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. <https://doi.org/10.7480/abe.2021.04.5635>.

MOHANTY, Mohit Prakash; MUDGIL, Sahil; KARMAKAR, Subhankar. Flood management in India: a focussed review on the current status and future challenges. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 49, e 101660, 2020.

MORADORES registram longos congestionamentos e transtornos após alagamentos de vias em Ananindeua. **G1**, Ananindeua, 2024a.

MUNAWAR, Hafiz Suliman *et al.* Disruptive technologies as a solution for disaster risk management: a review. **Science of the Total Environment**, v. 806, e 151351, 2022.

MYTKO, Anastasia. **Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro frente a ameaças relacionadas à mudança climática**. Orientadora: Maria Fernanda Campos Lemos. 2024. 00f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da PUC-Rio, 2024.

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

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

NOBRE, Carlos Afonso. *et al.* **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas**: região metropolitana de São Paulo. São José dos Campos, SP: INPE, 2011.

NYLANDER, João Diego Alvarez *et al.* Análise das causas e consequências de inundações e alagamentos na bacia hidrográfica da Tamandaré do município de Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p. 49335-49348, may 2021.

ODA, Paula Sayeko Souza; RIONDET-COSTA, Daniela; VIEIRA MATTOS, Enrique. National civil defense and protection policy and municipal Master Plan: collaboration for natural disaster risk management in Petrópolis, Brazil. **SSRN Electronic Journal**, Minas Gerais, 2022. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4211463>.

OGUISSO, Taka.; SCHMIDT, Maria José. Sobre a elaboração de normas jurídicas. **Rev.Esc.ENF.USP**, v.33, n.2, p. 175-85, Jun. 1999.

OLIVEIRA, Beatriz Rodrigues Cunha de *et al.* **Todos os Santos e o direito à moradia**: a regularização fundiária do núcleo urbano localizado em Paço do Lumiar/MA. Maranhão: UEMA, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/4164>. Acesso em: 20 fev. 2025.

PIQUET, Rosélia; OLIVEIRA, Elzira Lúcia de. Empresas e empresários do Norte Fluminense: uma análise qualitativa. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 7, n. 1, p. 111-000, 2005.

PITHAN, Felix *et al.* Role of air-mass transformations in exchange between the Arctic and mid-latitudes. **Nature Geoscience**, v. 11, n. 11, p. 805-812, 2018.

PRADO, Luciano Gomes do. **Planejamento e desenvolvimento urbano**: o desafio da estratégia do desenvolvimento orientado ao transporte no município de Goiânia. Orientador: Jeferson de Castro Vieira. 2024. 00f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Direito, Negócios e Comunicação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2024.

POR EXTENSO-SBN. **Santa Bárbara registrou quase 50 milímetros de chuva no fim de semana.** Santa Bárbara do Pará, 2024. Disponível em: <https://sbnoticias.com.br/noticia/Santa-Barbara-registrou-quase-50-milimetros-de-chuva-no-fim-de-semana/210753>. Acesso em: 20 fev. 2025.

REIS, M. V. S. dos; LOAYZA, A. C. V. Índice de vulnerabilidade social (IVS): uma análise da vulnerabilidade social feminina rural no Brasil. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v.21, n.9, p.13350–13371, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.55905/oelv21n9-155>. Acesso: 10 out. 2024.

RENNÓ, Camilo Daleles *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, Set. 2008.

REZVANI, Seyed M.H.S. *et al.* A systematic literature review on urban resilience enabled with asset and disaster risk management approaches and GIS-based decision support tools. **Applied Sciences**, v. 13, n. 4, e2223, 2023.

RIO Uriboca, em Marituba, transbordou por causa da chuva que começou ainda na noite de terça. Marituba. **O Liberal**, Belém, 2024b. Disponível em: <https://www.oliberal.com/para/jacare-e-flagrado-em-meio-a-alagamento-na-br-316-apos-transbordamento-do-rio-uriboca-video-1.801637>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ROSA, Sayda Suely Santos Antonio *et al.* Environmental constraints generated by the socio-environmental conflicts of the Marituba landfill, in the metropolitan region of Belém. **Revista Delos**, v. 18, n. 64, p. 00-00, 2025. Disponível:10.55905/rdelosv18.n64-053. Acesso: 21 out. 2024.

SANTA Isabel registra mais de 100 milímetros de chuva em um dia. **G1**, Santa Izabel do Pará, 2024b.

SERRA-LLOBET, Anna *et al.* Flood diversions and bypasses: benefits and challenges. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 9, n. 1, e1562, 2022.

SILVEIRA, Renata Dias *et al.* **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé-RS.** [S.l.: s.n.], 2007.

SOBRINHO, José Falcão; LIMA, Ernane Cortez. Expedição geográfica ao Planalto da Ibiapaba. **William Morris Davis-Journal of Geomorphology**, v. 5, n. 1, p. 1-79, 2024.

TARDIEU, Léa *et al.* Are soil sealing indicators sufficient to guide urban planning? Insights from an ecosystem services assessment in the Paris metropolitan area. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 10, e104019, 2021.

URALOVICH, Kiyosov Sherzod *et al.* A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. **Caspian Journal of Environmental Sciences**, v. 21, n. 4, e 965-975, 2023.

VERÓL, Aline Pires. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários projetos práticos e sustentáveis.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.livros1.com.br/pdf-read/livar/SISTEMAS-PREDIAIS-HIDR%C3%81ULICOS-E-SANIT%C3%81RIOS---PROJETOS-PR%C3%81TICOS-E-SUSTENT%C3%81VEIS.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024

WANG, R.-Q.; GOLPARVAR, B.; MARK, M. Determining undersampled coastal tidal harmonics using regularized Least Squares. **arXiv preprint arXiv:2206.07822**, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.07822>. Acesso: 11 out. 2024.

WOLFF, E.; FRENCH, M.; ILHAMSYAH, N.; SAWAI-LAU, M. J.; RAMIREZ-LOVERING, D. Collaborating with communities: citizen science flood monitoring in urban informal settlements. **arXiv preprint ar-Xiv:2112.07128**, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.07128>. Acesso: 14 jun. 2024.

ZHANG, Fan; QIAN, Haochen. A comprehensive review of the environmental benefits of urban green spaces. **Environmental Research**, v. 252, Part 2, e 118837, 2024.

APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO
DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

INUNDAÇÕES: Guia de Orientações e Diretrizes para a Gestão de Áreas de Risco e Elaboração do Plano Diretor

PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO DA PESQUISA

WILLIAM DE BRITO PANTOJA
GILMAR WANZELLER SIQUEIRA

BELÉM – PA
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO
DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

Produto Técnico vinculado a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- P198p Pantoja, William de Brito.
Planos diretores e vulnerabilidade social : análise e mapeamento das inundações na região metropolitana de Belém-PA / William de Brito Pantoja. — 2025.
76 f. + Produto Técnico (16f: il. Color).

Orientador(a): Prof. Dr. Gilmar Wanzeller Siqueira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2025.
Produto Técnico: “Inundações: Guia de Orientações e Diretrizes para a Gestão de Áreas de Risco e Elaboração do Plano Diretor “.

1. Políticas públicas. 2. Mapeamento. 3. Gestão de riscos. 4. Amazônia. I. Título. II. Título: “Inundações; Guia de Orientações e Diretrizes para a Gestão de Áreas de Risco e Elaboração do Plano Diretor “.

CDD 363.3409811



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO
DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS NA AMAZÔNIA

APRESENTAÇÃO

O presente produto técnico-tecnológico foi desenvolvido com o propósito de subsidiar a formulação e a implementação de soluções normativas voltadas à gestão de riscos e desastres associados a inundações, tendo como objetivo principal prevenir danos ou, quando inevitáveis, mitigar seus impactos em áreas suscetíveis. O material resulta de uma abordagem aplicada, que integra aspectos teóricos e práticos da gestão territorial e do planejamento urbano resiliente. Sua aplicabilidade se estende a órgãos públicos, instituições de planejamento e defesa civil, servindo como instrumento de apoio à tomada de decisão e à elaboração de políticas públicas mais eficazes e sustentáveis no contexto amazônico.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do produto baseou-se em análise documental, levantamento de dados secundários e mapeamento temático de áreas de vulnerabilidade social e suscetibilidade a inundações, articulando-se com os dispositivos legais previstos no art. 42-A da Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade). A partir dessa base metodológica, foram elaboradas diretrizes e orientações técnicas destinadas a gestores municipais, de modo a fortalecer a integração entre o planejamento urbano e a gestão de riscos.

Para obter mais detalhes do produto técnico, procure a dissertação “PLANOS DIRETORES E VULNERABILIDADE SOCIAL: Análise e mapeamento das inundações na Região Metropolitana de Belém-PA”, defendida no ano de 2025, que se encontra depositada no Repositório Virtual da Universidade Federal do Pará e/ou na página do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres na Amazônia.

INUNDAÇÕES

Guia de **Orientações e Diretrizes** para a
Gestão de Áreas de Risco e Elaboração
do Plano Diretor

William de Brito Pantoja
Gilmar Wanzeller Siqueira



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES
NATURAIS NA AMAZÔNIA**

Elaboração de Conteúdo

William de Brito Pantoja

Coordenação

Gilmar Wanzeller Siqueira

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação

William de Brito Pantoja
william.pantoja@ig.ufpa.br

1ª Edição/Fevereiro de 2025

Produto técnico em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia.

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco.

APRESENTAÇÃO

Este documento foi desenvolvido com o propósito de subsidiar a implementação de soluções normativas voltadas à gestão de riscos e desastres associados a inundações, com o objetivo de prevenir danos ou, quando isso não for possível, mitigar seus impactos em áreas suscetíveis.

O conteúdo apresentado neste material integra a dissertação *“PLANOS DIRETORES E VULNERABILIDADE SOCIAL: Análise e mapeamento das inundações na Região Metropolitana de Belém-PA”*, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia (PPGGRD) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA). A partir desse estudo elaborou-se o presente produto técnico.

Desenvolveu-se, como resultado, uma metodologia que reúne orientações e diretrizes destinadas a apoiar gestores públicos na formulação de políticas eficazes. Tais recomendações baseiam-se nos incisos do art. 42-A da Lei nº 10.257/2001, visando não apenas mitigar os riscos inerentes a desastres naturais, mas também promover uma gestão territorial mais resiliente e sustentável.

A adoção dessas medidas revela-se indispensável para que os planos diretores contemplem adequadamente as especificidades regionais e climáticas, assegurando a proteção e o bem-estar das populações em maior condição de vulnerabilidade.

Almeja-se que este material sirva de referência tanto para os gestores da administração pública quanto para a sociedade em geral, contribuindo para decisões mais informadas no âmbito da gestão de riscos e desastres provocados por inundações.

William de Brito Pantoja
Gilmar Wanzeller Siqueira

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....5

OBJETIVO.....5

REGULAMENTAÇÃO JURÍDICA.....6

Inciso I - Parâmetros de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, de modo a Promover a Diversidade de Usos e a Contribuir para a Geração de Emprego e Renda.....7

Inciso II - Mapeamento Contendo as Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos.....8

Inciso III - Planejamento de Ações de Intervenção Preventiva e Realocação de População de Áreas de Risco de Desastre.....9

Inciso IV - Medidas de Drenagem Urbana Necessárias à Prevenção e à Mitigação de Impactos de Desastres.....10

Inciso V - Diretrizes para a Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos Irregulares, se houver, observadas a Lei No 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais Normas Federais e Estaduais Pertinentes, e Previsão de Áreas para Habitação de Interesse Social por meio da Demarcação de Zonas Especiais de Interesse Social e de outros Instrumentos de Política Urbana, onde o Uso Habitacional for Permitido.....11

Inciso VI - Identificação e Diretrizes para a Preservação e Ocupação das Áreas Verdes Municipais, Quando for o Caso, com Vistas à Redução da Impermeabilização das Cidades.....12

MODELO E EXEMPLO DE PROPOSTA LEGISLATIVA.....13

REFERÊNCIAS.....17

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Belém (RMB), no estado do Pará, Brasil, caracteriza-se por clima equatorial úmido e por uma topografia suscetível a inundações (Inmet, 1992). Tais eventos, além de ocasionarem expressivos prejuízos materiais, comprometem diretamente a qualidade de vida da população local, sobretudo das famílias de baixa renda que, instaladas em áreas de risco, carecem de infraestrutura básica (Farias; Mendonça, 2022).

Lopes e Andrade (2021) assinalam que os transtornos associados a eventos hidrológicos na Amazônia decorrem, em grande medida, da insuficiência de capacidade de suporte e de gestão urbana eficiente; na RMB, esses problemas agravam-se em virtude do elevado volume de chuvas torrenciais.

Nesse contexto, uma gestão urbana eficaz materializada em planos diretores mais robustos constitui instrumento essencial para mitigar os efeitos das inundações, pois permite o adequado ordenamento do uso do solo e a implantação da infraestrutura necessária à redução dos riscos (Bogo, 2020).

O presente produto, portanto, pretende subsidiar a elaboração de normas orientadas à melhoria da qualidade de vida das populações que habitam áreas vulneráveis. Seu objetivo é nortear políticas públicas, em especial os planos diretores, mediante diretrizes que ofereçam soluções metodológicas aptas a fundamentar normas voltadas a atenuar os riscos e as vulnerabilidades socioambientais das comunidades mais expostas aos impactos adversos das inundações.

OBJETIVO

Propor soluções normativas para os planos diretores dos municípios da Região Metropolitana de Belém, especificamente direcionadas às áreas com vulnerabilidade social a inundações, com ênfase nas diretrizes estabelecidas pelos incisos I a VI do artigo 42-A do Estatuto da Cidade, incluído pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.



REGULAMENTAÇÃO JURÍDICA

O Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, possibilita o desenvolvimento de uma política urbana mediante a aplicação de instrumentos voltados à promoção da inclusão social e territorial nas cidades brasileiras. De acordo com o Senatus (2008), um dos instrumentos mais relevantes previstos no estatuto é o Plano Diretor, destinado a estruturar o planejamento do território municipal como um todo, além de assegurar a eficácia dos demais instrumentos estabelecidos pelo próprio Estatuto.

No Estatuto da Cidade, foram incluídas as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, destacando-se o artigo 42-A, no qual descreve que:

Art. 42-A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda;

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre;

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres; e

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido.

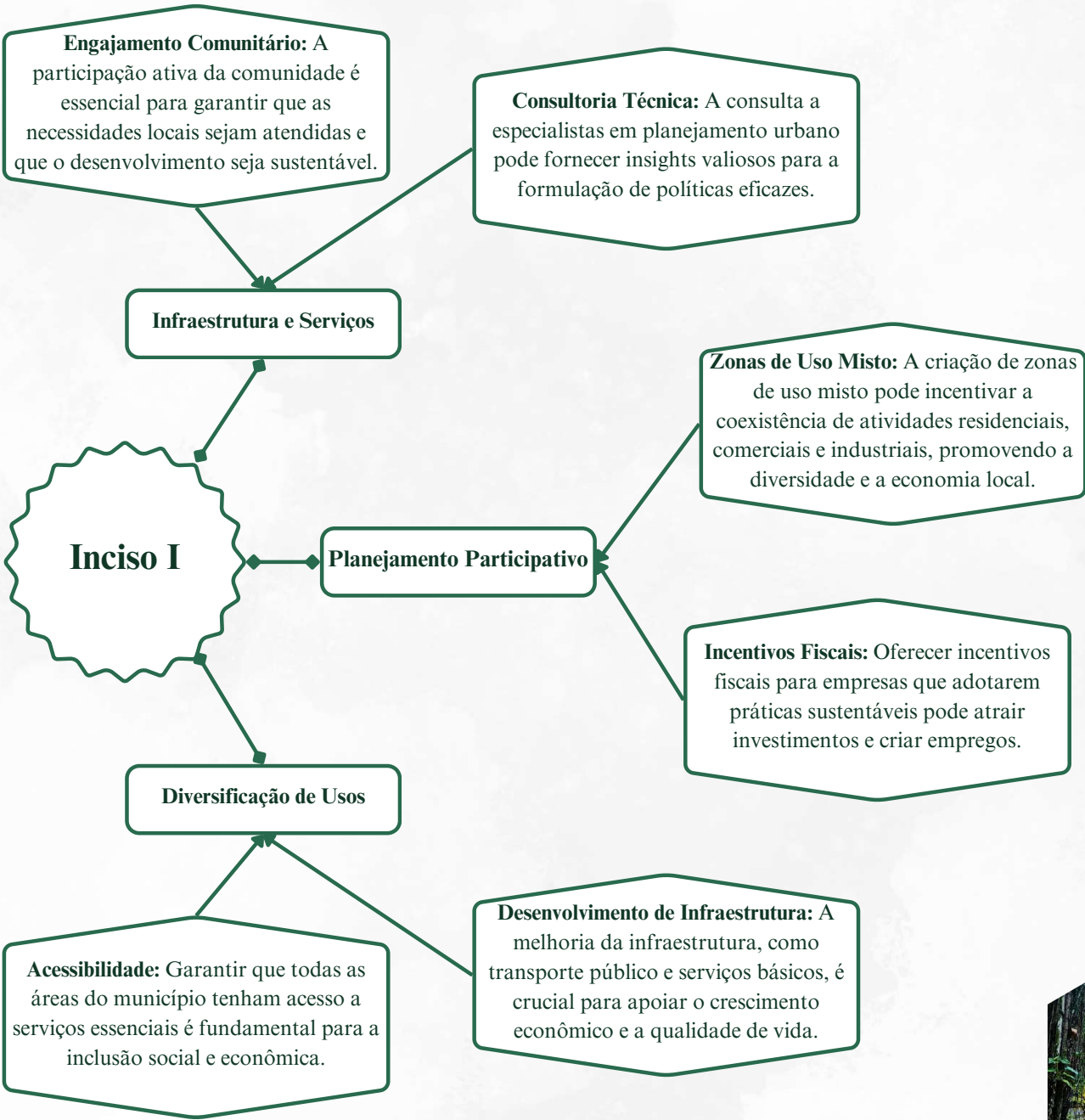
VI - identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades.



INCISO I - PARÂMETROS DE PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, DE MODO A PROMOVER A DIVERSIDADE DE USOS E A CONTRIBUIR PARA A GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA

A implementação de parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo é uma estratégia essencial para promover a diversidade de usos do território e impulsionar a geração de emprego e renda em um município (Prado, 2024). Esses parâmetros, quando bem definidos e aplicados, permitem a criação de um ambiente urbano multifuncional, onde residências, comércios, indústrias e áreas de lazer coexistem de maneira harmoniosa (Liao, 2015). Isso não apenas melhora a qualidade de vida dos moradores, mas também atrai investimentos e fomenta a atividade econômica local.

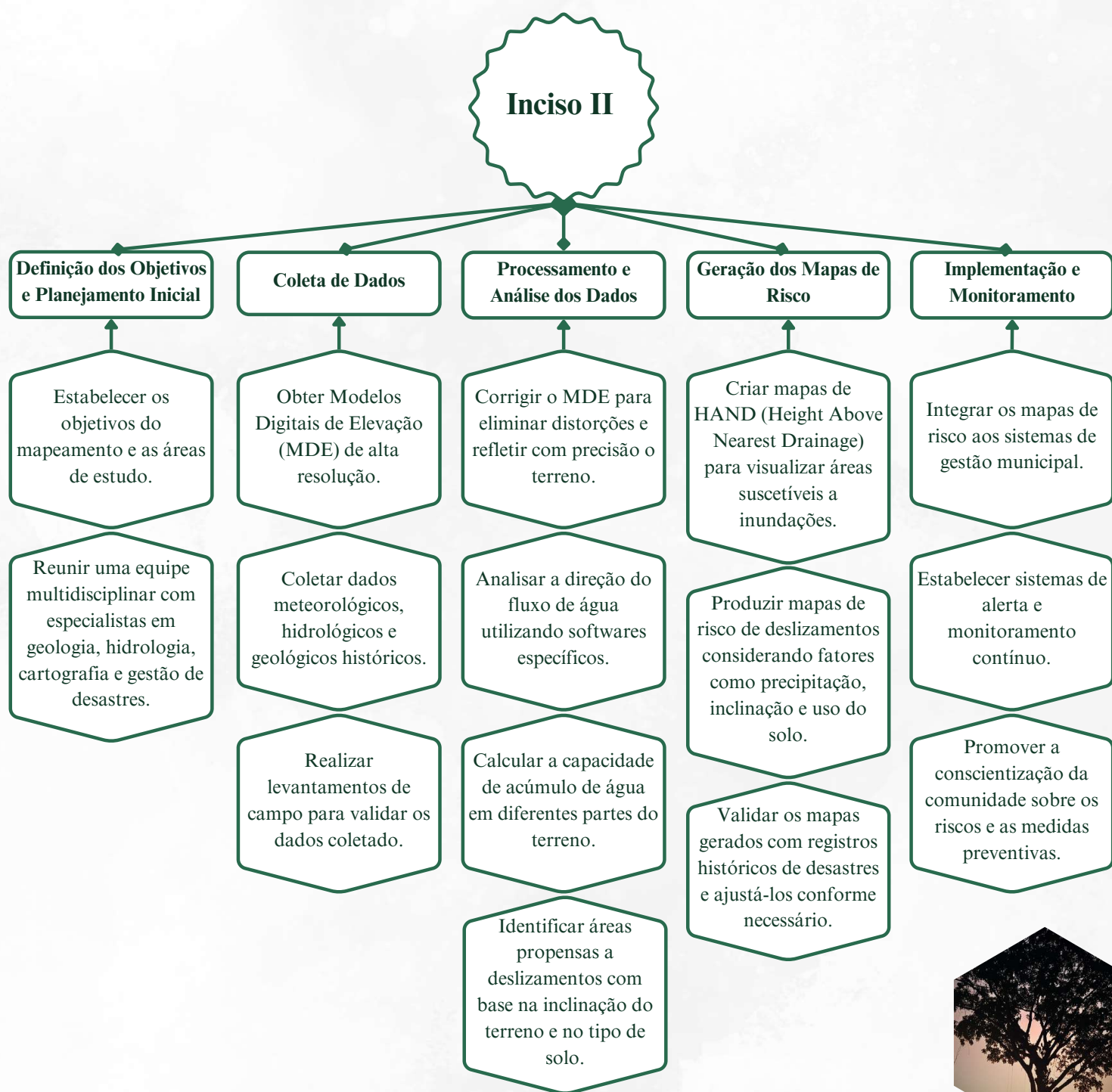
Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso I



INCISO II - MAPEAMENTO CONTENDO AS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS DE GRANDE IMPACTO, INUNDAÇÕES BRUSCAS OU PROCESSOS GEOLÓGICOS OU HIDROLÓGICOS CORRELATOS

Para a realização desse mapeamento, é essencial iniciar com a coleta de dados históricos e a análise de eventos passados, identificando padrões de risco. A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto, como drones e imagens de satélite, aliada aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), proporciona dados precisos sobre a topografia e hidrologia da região, possibilitando a criação de mapas de vulnerabilidade por meio da modelagem geoespacial (Godara, 2024).

Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso II



INCISO III - PLANEJAMENTO DE AÇÕES DE INTERVENÇÃO PREVENTIVA E REALOCAÇÃO DE POPULAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE DESASTRE

O planejamento de ações de intervenção preventiva e a realocação de populações em áreas de risco de desastre são fundamentais para assegurar a segurança e o bem-estar da população. A eficácia dessas medidas está diretamente relacionada a um planejamento urbano bem estruturado, que leve em consideração as especificidades de cada região e a vulnerabilidade de suas áreas (Mytko, 2024). A prevenção de desastres naturais exige uma abordagem proativa, que envolva a análise detalhada dos riscos, o uso de tecnologias avançadas para mapeamento e monitoramento, e a participação ativa das comunidades afetadas.

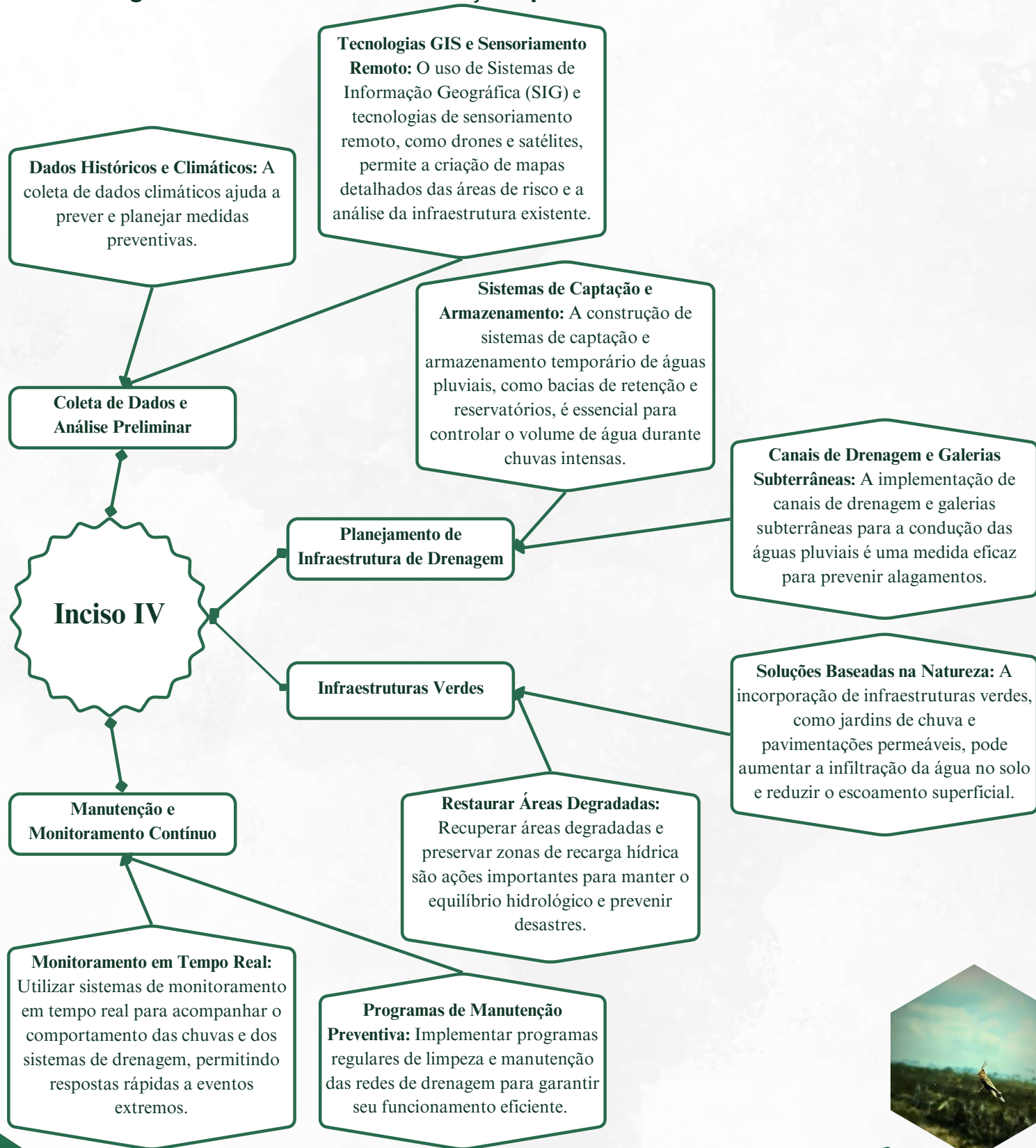
Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso III



INCISO IV - MEDIDAS DE DRENAGEM URBANA NECESSÁRIAS À PREVENÇÃO E À MITIGAÇÃO DE IMPACTOS DE DESASTRES

Investir em soluções de drenagem urbana e na gestão integrada das águas pluviais é indispensável para criar cidades mais resilientes e seguras (Rezvani, 2023). Essas ações não apenas minimizam os impactos de desastres naturais, mas também promovem um desenvolvimento urbano sustentável, garantindo a segurança e o bem-estar da população em longo prazo.

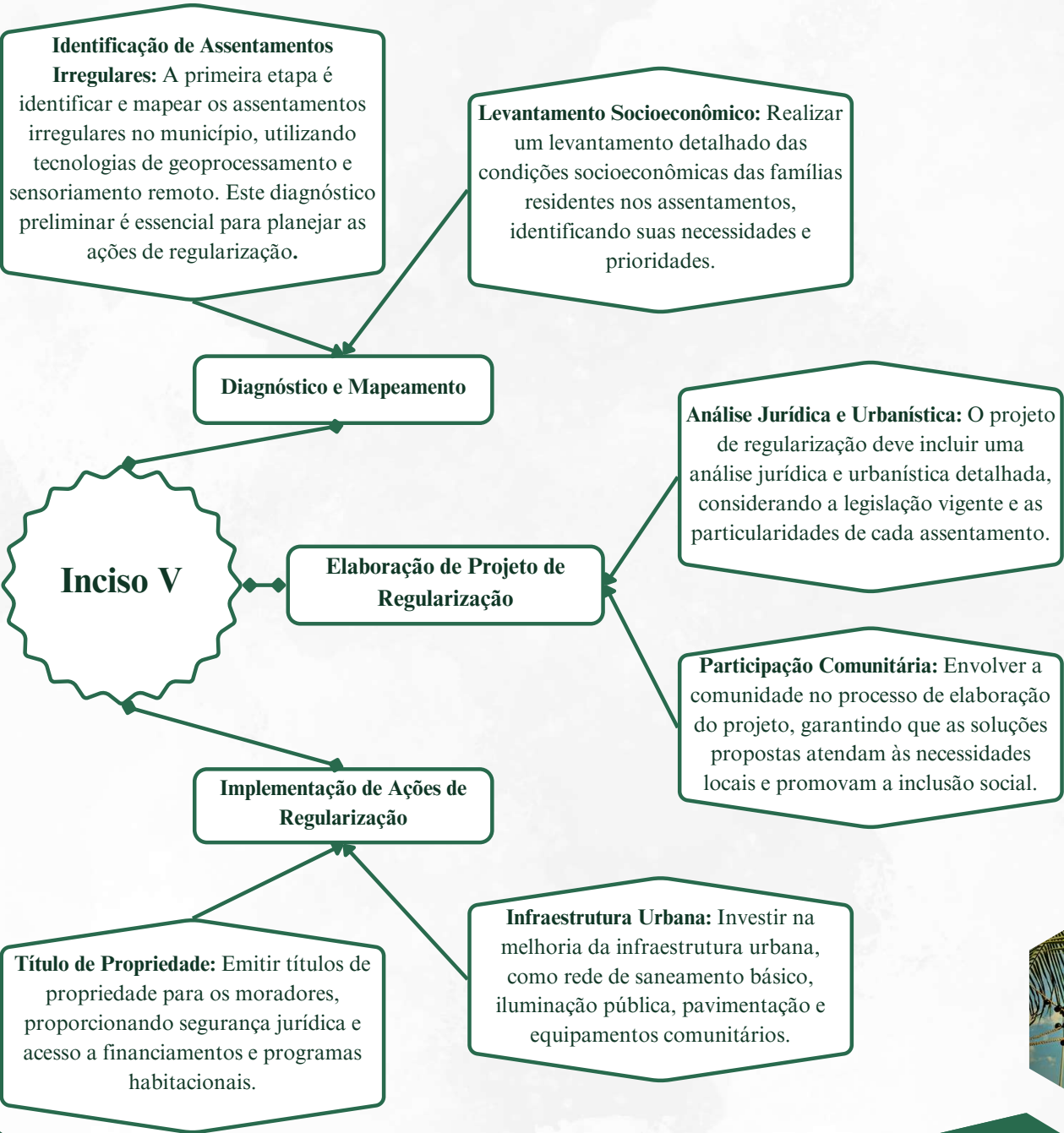
Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso IV



INCISO V - DIRETRIZES PARA A REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA DE ASSENTAMENTOS URBANOS IRREGULARES, SE HOUVER, OBSERVADAS A LEI NO 11.977, DE 7 DE JULHO DE 2009, E DEMAIS NORMAS FEDERAIS E ESTADUAIS PERTINENTES, E PREVISÃO DE ÁREAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL POR MEIO DA DEMARCAÇÃO DE ZONAS ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL E DE OUTROS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA URBANA, ONDE O USO HABITACIONAL FOR PERMITIDO

A implementação dessas diretrizes possibilita a formalização da posse, conferindo aos moradores direitos e deveres legais sobre seus imóveis. Além disso, a regularização fundiária permite que áreas irregulares recebam investimentos em infraestrutura, como saneamento básico, iluminação pública, pavimentação e outras melhorias urbanas, elevando a qualidade de vida dos residentes (Oliveira et al., 2024).

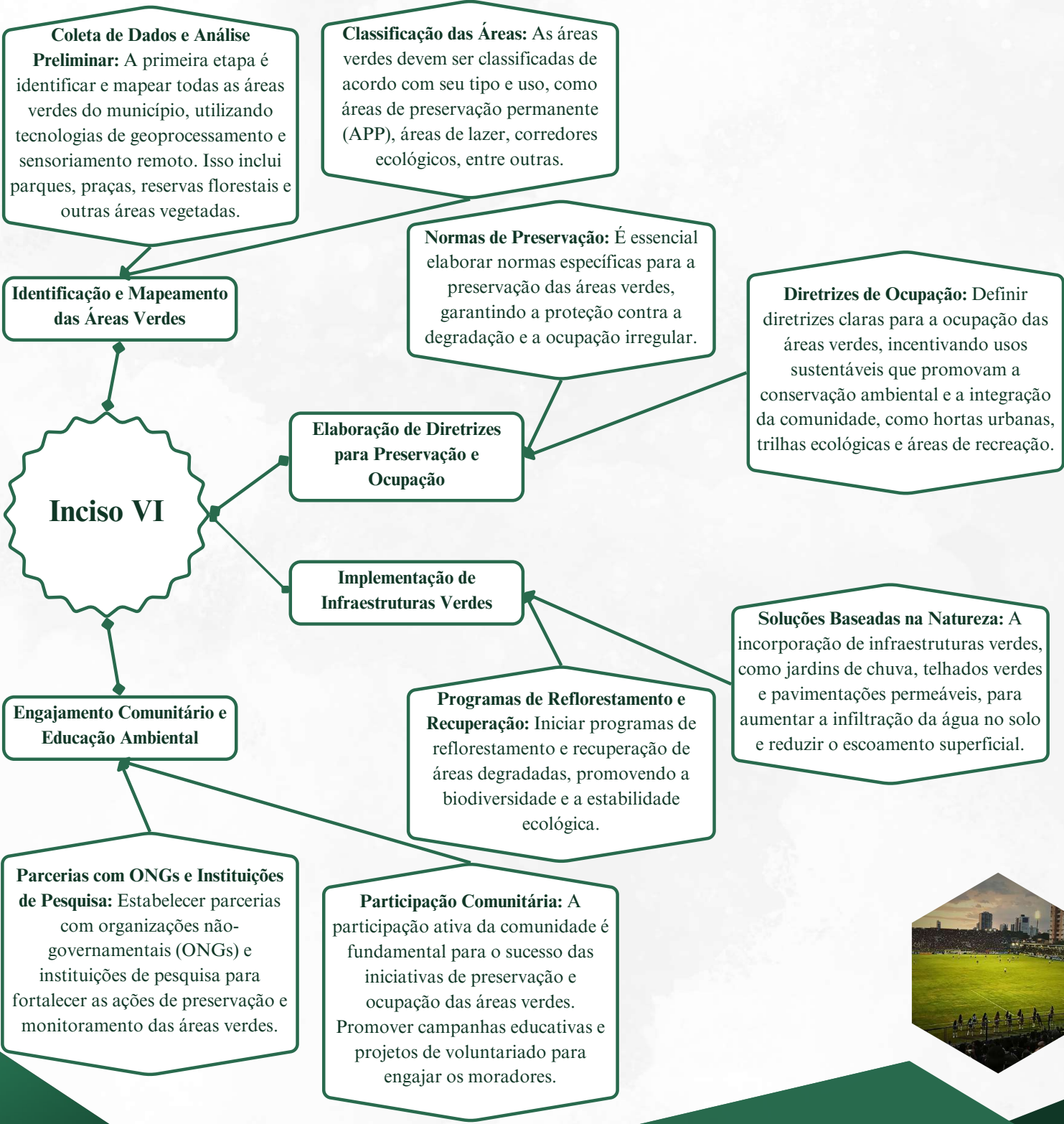
Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso V



INCISO VI - IDENTIFICAÇÃO E DIRETRIZES PARA A PRESERVAÇÃO E OCUPAÇÃO DAS ÁREAS VERDES MUNICIPAIS, QUANDO FOR O CASO, COM VISTAS À REDUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DAS CIDADES

A preservação e a ocupação adequada das áreas verdes municipais são essenciais para promover a sustentabilidade urbana e reduzir a impermeabilização das cidades (Tardieu *et al.*, 2021). Essas áreas desempenham um papel vital na absorção da água da chuva, ajudando a prevenir enchentes e alagamentos. Além disso, as áreas verdes contribuem significativamente para a mitigação das ilhas de calor, fenômeno comum em centros urbanos que eleva a temperatura local e afeta negativamente a qualidade de vida (Amorim, 2020).

Fluxograma de diretrizes e orientações para o inciso VI



MODELO E EXEMPLO DE PROPOSTA LEGISLATIVA

Lei Municipal nº [], de [] de []

Dispõe sobre o Plano Diretor Municipal com diretrizes e soluções normativas para o uso e ocupação do solo, a gestão de áreas de risco e vulnerabilidade social, e a regularização fundiária, com foco nas áreas suscetíveis a inundações.

TÍTULO I

Das Disposições Gerais e Objetivos

Art. 1º O presente Plano Diretor tem como objetivo estabelecer diretrizes para a organização do uso e ocupação do solo no município, com foco nas áreas de vulnerabilidade social a inundações, promovendo a sustentabilidade urbana, a geração de emprego e renda e a segurança da população.

Parágrafo único. As diretrizes deste Plano Diretor buscam, ainda, mitigar os impactos de desastres naturais, promover a resiliência urbana e garantir a regularização fundiária, com especial atenção às áreas de risco geológico e hidrológico.

TÍTULO II

Dos Parâmetros de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

Art. 2º O parcelamento, uso e ocupação do solo no município deverão observar os seguintes parâmetros:

I - A promoção da diversidade de usos, com a integração de espaços residenciais, comerciais, serviços e áreas verdes, buscando a geração de emprego e renda, especialmente nas regiões de maior vulnerabilidade social.

II - A restrição do uso habitacional em áreas de risco de desastres naturais, como inundações, estabelecendo critérios rígidos de ocupação para garantir a segurança da população.

III - A adoção de instrumentos de planejamento que assegurem a adequação do parcelamento às condições geotécnicas e hidrológicas das áreas, incluindo a implementação de sistemas de drenagem e infraestrutura adequada.

§ 1º O parcelamento e a ocupação do solo nas áreas de risco devem priorizar o uso de tecnologias sustentáveis e soluções urbanísticas que minimizem os impactos ambientais e promovam a resiliência.

§ 2º O uso do solo será ajustado de acordo com a vulnerabilidade das áreas, sendo o uso habitacional permitido apenas em regiões devidamente protegidas por infraestrutura de drenagem, contenção e outros mecanismos de segurança.

TÍTULO III

Do Mapeamento das Áreas de Risco

Art. 3º O município realizará, de forma contínua, o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas e outros processos geológicos ou hidrológicos.

§ 1º O mapeamento será feito com base nas cartas geotécnicas, estudos hidrográficos e dados de risco, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que dispõe sobre os recursos hídricos.

§ 2º As áreas de risco identificadas no mapeamento deverão ser inseridas no cadastro municipal de áreas de risco, e as suas condições geotécnicas serão periodicamente monitoradas.

§ 3º As áreas classificadas como de alto risco de desastre serão objeto de ações específicas de mitigação, como a construção de sistemas de drenagem, proteção e realocação, quando necessário.

TÍTULO IV

Do Planejamento de Ações de Intervenção Preventiva e Realocação

Art. 4º O município implementará um planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população em áreas de risco de desastre, com base nos seguintes princípios:

I - A construção e manutenção de sistemas de drenagem urbana eficientes, capazes de reduzir o risco de inundação nas áreas mais vulneráveis.

II - A implementação de obras de contenção e estabilização de encostas em áreas suscetíveis a deslizamentos, com o uso de técnicas de engenharia sustentável e adequadas às condições locais.

III - A realocação das famílias que residem em áreas de risco, com a criação de programas de apoio e reintegração social, priorizando a inclusão de famílias em situação de vulnerabilidade social.

§ 1º A realocação será acompanhada de um planejamento de urbanização e acesso à infraestrutura básica, como saneamento, transporte e educação, garantindo a integração das famílias na nova área.

§ 2º O processo de realocação será realizado com a participação das comunidades afetadas, garantindo o respeito aos seus direitos e às suas necessidades.

TÍTULO V

Das Medidas de Drenagem Urbana

Art. 5º O município adotará um conjunto de medidas de drenagem urbana, com o objetivo de prevenir e mitigar os impactos de desastres naturais, especialmente inundações.

I - Implantação de reservatórios de retenção, bacias de contenção e sistemas de drenagem pluvial eficientes, de modo a evitar o transbordamento de rios e córregos nas áreas urbanas.

II - Adoção de soluções baseadas na natureza, como corredores verdes e áreas permeáveis, que favoreçam a absorção das águas pluviais e a redução do risco de enchentes.

III - Requalificação dos cursos d'água urbanos, com a revitalização de rios e córregos, garantindo o adequado escoamento das águas e a preservação dos ecossistemas.

§ 1º Todos os novos parcelamentos e empreendimentos urbanos deverão ser planejados e executados de acordo com os parâmetros de drenagem e escoamento, respeitando as características hidrográficas da região.

§ 2º O município deverá promover campanhas educativas sobre o uso consciente do solo e da água, com o objetivo de reduzir a impermeabilização do solo e melhorar a gestão das águas pluviais.

TÍTULO VI

Da Regularização Fundiária e das Zonas Especiais de Interesse Social

Art. 6º O município adotará diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, com foco nas áreas de risco, observando a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, e outras normas federais e estaduais pertinentes.

I - Serão estabelecidas zonas especiais de interesse social, com o objetivo de promover a regularização e a ocupação ordenada de áreas que atendam aos critérios de segurança e infraestrutura básica.

II - A regularização fundiária será acompanhada de intervenções em infraestrutura, como a construção de sistemas de drenagem e melhorias no acesso a serviços públicos, a fim de garantir a qualidade de vida nas áreas regularizadas.

III - A ocupação das zonas especiais de interesse social será orientada por critérios técnicos que garantam a segurança contra desastres naturais, respeitando o mapeamento de áreas de risco.

TÍTULO VII

Da Adequação do Plano Diretor às Disposições Legais

Art. 7º O Plano Diretor deverá ser compatível com as disposições legais relacionadas aos recursos hídricos e à gestão de riscos, conforme a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e outras normas federais e estaduais pertinentes.

§ 1º A revisão do Plano Diretor será realizada a cada [período de revisão], observando as atualizações no mapeamento de áreas de risco e as novas demandas urbanísticas.

§ 2º Durante a revisão do Plano Diretor, o município deverá integrar as políticas públicas de drenagem urbana, gestão de recursos hídricos e regularização fundiária, de modo a garantir uma cidade mais segura e resiliente.

TÍTULO VIII

Das Disposições Finais

Art. 8º O Poder Executivo Municipal, por meio dos órgãos competentes, regulamentará esta Lei no prazo de [prazo de implementação], definindo as normas operacionais e técnicas necessárias à sua execução.

Art. 9º O município promoverá campanhas educativas e de sensibilização sobre os riscos de desastres naturais, a importância da prevenção e as soluções de drenagem, com foco nas áreas de maior vulnerabilidade social.

Art. 10 Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Justificativa: *O presente Plano Diretor visa criar uma cidade mais segura, resiliente e inclusiva, com soluções normativas específicas para áreas vulneráveis a inundações e alagamentos. A regularização fundiária, as ações de prevenção de desastres e as políticas de drenagem urbana buscam melhorar a qualidade de vida da população, especialmente em áreas de risco, promovendo o desenvolvimento urbano sustentável e a redução das desigualdades.*

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1. ed. Curitiba: Appris, v. 1, p. 161, 2020.
- BOGO, R. S. Plano diretor participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC. **Cadernos Metrópole**, v.22, n.48, p.555-578, 2020. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4810>.
- COSTA, Marco Aurélio et al. **Vulnerabilidade social no Brasil: conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2018.
- FARIAS, Ariadne; MENDONÇA, Francisco. The Urban Environmental System perspective on socio-environmental risks of urban flooding. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2022.
- GODARA, Nitesh et al. Geospatial techniques for flash flood hazard assessment and management. In: THAKUR, Disha et al. (edt.). **Sustainable development using geospatial techniques**. Belém: Wiley, 2024. p. 241-262. <https://doi.org/10.1002/9781394214426.ch10>.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas 1961 a 1990**. Brasília, DF: Inmet, 1992.
- LIAO, Yu-Tsun; CHERN, Shuh-Gi. Strategic ecocity development in urban-rural fringes: analyzing Wulai district. **Sustainable Cities and Society**, v. 19, p. 98-108, 2015.
- LOPES, Walмира Ferreira; ANDRADE, Milena Marília Nogueira de. Percepção de risco a alagamentos e inundações: estudo de caso no bairro do Marco (Belém-PA). In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra - a saúde ambiental para a vitalidade do planeta**. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2021. p. 177-191.
- MYTKO, Anastasia. **Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro frente a ameaças relacionadas à mudança climática**. Orientadora: Maria Fernanda Campos Lemos. 2024. 00f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da PUC-Rio, 2024.
- OLIVEIRA, Beatriz Rodrigues Cunha de et al. **Todos os Santos e o direito à moradia: a regularização fundiária do núcleo urbano localizado em Paço do Lumiar/MA**. Maranhão: UEMA, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/4164>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- PRADO, Luciano Gomes do. **Planejamento e desenvolvimento urbano: o desafio da estratégia do desenvolvimento orientado ao transporte no município de Goiânia**. Orientador: Jeferson de Castro Vieira. 2024. 00f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Direito, Negócios e Comunicação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2024.
- REZVANI, Seyed M.H.S. et al. A systematic literature review on urban resilience enabled with asset and disaster risk management approaches and GIS-based decision support tools. *Applied Sciences*, v. 13, n. 4, e2223, 2023.
- DECARLI, Nairane; FERRAREZE FILHO, Paulo. Plano diretor e o Estatuto da Cidade. *Senatus*, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 35-43, maio 2008.
- TARDIEU, Léa et al. Are soil sealing indicators sufficient to guide urban planning? Insights from an ecosystem services assessment in the Paris metropolitan area. *Environmental Research Letters*, v. 16, n. 10, e104019, 2021.