

Projeto de Intervenção

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO UNA EM BELÉM-PA, PARA SUBSIDIAR A GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES.



MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTOS E
INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO UNA EM BELÉM-PA, PARA SUBSIDIAR
A GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES.

Hugo de Souza Ferreira

Fernando Guilhaon de Castro (ORIENTADOR)

JUIZ DE FORA

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ferreira, Hugo de Souza.

Mapeamento e Análise das Áreas Suscetíveis a Alagamentos e Inundações na Bacia Hidrográfica do Una em Belém-PA, para Subsidiar a Gestão de Riscos e Desastres. / Hugo de Souza Ferreira. -- 2025
33p.

Orientador: Fernando Guilhon de Castro

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Especialização em Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil, 2025.

1. Setorização de risco. 2. Geotecnologias. 3. Amazônia. 4. Planejamento Urbano. 5. Bacias hidrográficas I. Castro, Fernando Guilhon de, orient. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Hugo de Souza Ferreira

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO UNA EM BELÉM-PA, PARA SUBSIDIAR A GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Especialista. Área de concentração: Interdisciplinar (Área 45 - CAPES)

Aprovada em 26/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Orientador(a): Fernando Guilhon de Castro

Coorientador(a): -

Avaliador(a) 1: Tânia Marília Resende Meireles

Avaliador(a) 2: Gizele Elaine dos Santos de Alcântara

Avaliador(a) 3: Jordan Henrique de Souza

O(a) professor(a) orientador(a) declara que o(a) discente atendeu as alterações indicadas pela banca examinadora conforme ata de defesa nº 2325508



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Guilhon de Castro, Professor(a)**, em 02/06/2025, às 21:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2391696** e o código CRC **449DA39E**.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, minha esposa Fabíola, minhas filhas, Helena e Maitê e a toda minha família que com muito carinho me apoiaram ao longo desta trajetória.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver mapeamento das áreas suscetíveis a alagamentos e inundações na bacia hidrográfica do Una, localizada na cidade de Belém-PA, visando proporcionar base sólida para a tomada de decisões por gestores públicos. Em cenário onde a frequência e intensidade de eventos climáticos extremos têm aumentado, a vulnerabilidade da cidade, resultante de fatores como a ocupação desordenada do solo, requer diagnóstico preciso e soluções eficazes. Utilizando ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o estudo realizou a quantificação e o mapeamento das áreas de risco, permitindo análise integrada da dinâmica socioeconômica e da infraestrutura urbana. Os resultados gerados revelaram áreas críticas que demandam intervenções prioritárias e ações de mitigação. A pesquisa não apenas contribui para o fortalecimento das políticas públicas voltadas para a gestão de riscos e desastres em Belém, como também potencializa a construção de cidades mais resilientes em face das mudanças climáticas. Os dados obtidos servem como base para o desenvolvimento de modelo de gestão de riscos, oferecido como ferramenta de apoio a gestores municipais. Por fim, o trabalho destaca a urgência na implementação de medidas preventivas, sublinhando a necessidade de colaboração entre governo e sociedade civil na busca por soluções efetivas que garantam a segurança da população em situações climáticas adversas. Considerar princípios e técnicas de mediação comunitária pode ser útil. A metodologia desenvolvida poderá servir de referência para outras cidades que enfrentam desafios semelhantes.

Palavra-chave: Setorização de risco; Geotecnologias; Amazônia; Planejamento urbano; Bacias hidrográficas.

ABSTRACT

The present work aimed to develop a mapping of areas susceptible to flooding in the Una Hydrographic Basin, located in the city of Belém-PA, to provide a solid basis for decision-making by public managers. In a scenario where the frequency and intensity of extreme weather events have been increasing, the city's vulnerability, resulting from factors such as disorderly land occupation, requires an accurate diagnosis and effective solutions. Using geoprocessing and remote sensing tools, the study quantified and mapped the risk areas, allowing for an integrated analysis of the socioeconomic dynamics and urban infrastructure. The results generated revealed critical areas that require priority interventions and mitigation actions. The research not only contributes to strengthening public policies aimed at risk and disaster management in Belém but also enhances the construction of more resilient cities in the face of climate change. The data obtained serves as a basis for the development of a risk management model, offered as a support tool for municipal managers. Finally, the work highlights the urgency of implementing preventive measures, underlining the need for collaboration between government and civil society in the search for effective solutions to ensure the safety of the population in adverse weather conditions. Considering principles and techniques of community mediation can be useful. The methodology developed will serve as a reference for other cities facing similar challenges.

keyword: Risk sectorization; Geotechnologies; Amazon; Urban planning; River Basins.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5. REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Situação-problema

A cidade de Belém-PA enfrenta um desafio cada vez mais urgente: o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, especialmente durante o chamado "inverno amazônico", período de chuvas intensas no Norte do país.

Como consequência, a capital paraense lida com alagamentos e inundações recorrentes, afetando a infraestrutura e a qualidade de vida.

Nos últimos 10 anos, Belém registrou um aumento de cerca de 25% nos pontos de alagamento severo segundo a prefeitura de Belém, impactando diretamente cerca de 30% da população da cidade e gerando perdas financeiras significativas, principalmente aos moradores das áreas periféricas da cidade.

Essa problemática, agravada pelas mudanças climáticas e pela ocupação desordenada do solo, impacta significativamente a vida da população, a economia local e a infraestrutura urbana.

A vulnerabilidade de Belém a esses eventos decorre de múltiplos fatores interligados. A cidade está situada em uma barreira aluvial, com baixa declividade e proximidade de corpos d'água, características que a tornam naturalmente suscetível a inundações e alagamentos. Essa condição geográfica, aliada à migração urbana e ao crescimento desordenado, intensifica os desafios enfrentados pela capital paraense.

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do Una, situada na região central de Belém, que abrange cerca de 20 bairros em uma área estimada de 130 km², exemplifica os desafios da expansão urbana desordenada.

O avanço das ocupações em áreas de risco, a crescente impermeabilização do solo e a supressão da vegetação agravam significativamente os problemas de alagamentos e inundações.

Iniciativas como o projeto de macrodrenagem do Una, que teve início no começo da década de 1990, passou por diferentes etapas, com obras de ampliação e melhorias na drenagem, canalização de igarapés, entre outras ações.

Este trabalho está alinhado as disciplinas geoprocessamento em proteção e defesa Civil e Riscos hidrológicos.

Referencial teórico

Silveira (2024) comenta que a resiliência urbana se refere à “capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a riscos de resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de um perigo de maneira tempestiva e eficiente”.

Artaxo (2022), informa que o Brasil mostra vulnerabilidades importantes nas áreas ambientais e climáticas. O aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tem impactado sobre a gestão de nossa população, a economia, o funcionamento dos ecossistemas, a produção agrícola, a infraestrutura interna, a disponibilidade de recursos hídricos, entre muitos outros efeitos.

Guimarães e Pacheco (2024), destacam a importância do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, que o Brasil adotou e que reforça a importância da redução de riscos como parte integrante das estratégias de desenvolvimento sustentável.

Santos et al. (2020), concluem que, na Amazônia paraense o inverno amazônico constitui motivo de grande preocupação, em razão da sua capacidade de gerar danos e prejuízos às populações mais vulneráveis.

Segundo Azevedo (2020), o crescimento e a consolidação da urbanização das bacias urbanas de Belém explicitaram um panorama ambiental alarmante em particular na época mais chuvosa do ano, momento em que os processos de alagamento e inundação promovem uma série de problemas para as populações que moram nessas áreas.

Ao longo do tempo, a cidade de Belém vem apresentando inúmeros problemas devido ao uso e ocupação irregular do solo e à ineficiência de políticas públicas básicas que consistem em oferecer o mínimo a populações mais vulneráveis (FERREIRA et al, 2024).

O projeto de macrodrenagem da bacia hidrográfica do Una, constitui exemplo de intervenção urbanística, foi desenvolvido pelo poder público para recuperar as áreas de baixadas da bacia do Una. Freitas (2024), define bacia hidrográfica como a unidade espacial mais utilizada para gestão territorial ambiental, especialmente de recursos hídricos. O projeto de macrodrenagem foi uma iniciativa de grande porte, executada pelo poder público estadual e municipal de Belém, com o financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

O geoprocessamento é elaborado por meio de geotecnologias que envolvem desde processo de aquisição de dados espaciais, não espaciais, à sua modelagem, atualização, análises e tratamento, até os mecanismos de visualização e saída (FERREIRA, 2019).

Segundo Ribeiro (2024), o termo “Geotecnologias” é mais recente e mais amplo, referindo-se a um conjunto de tecnologias que permitem o estudo do espaço geográfico de uma maneira mais ágil, simples e precisa.

Ainda segundo Florenzano (2011), o Geoprocessamento é fundamental, pois, apresenta-se como conjunto de técnicas matemáticas e computacionais capazes de tratar informações geográficas, balizando abordagens do planejamento ambiental.

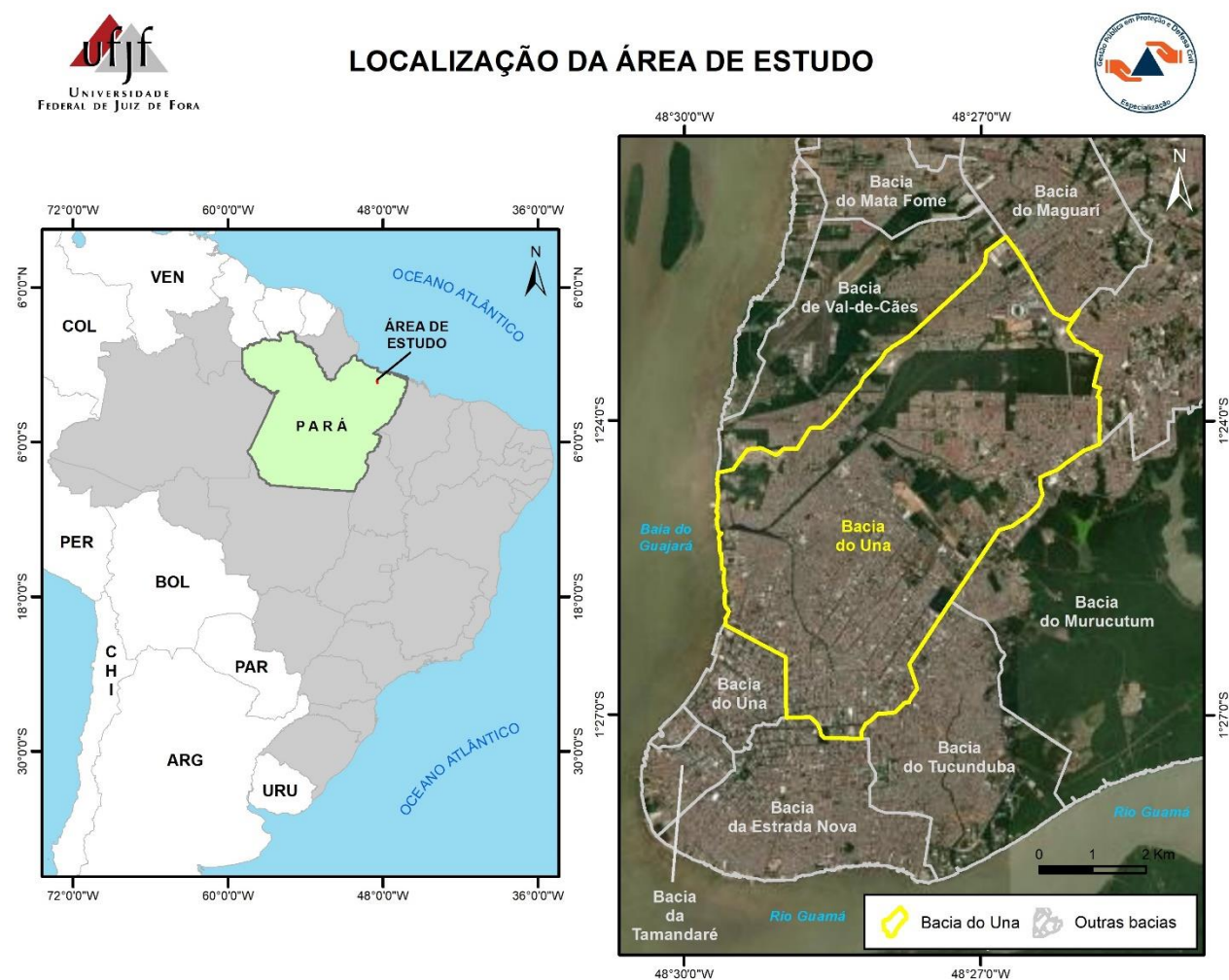
O presente trabalho está baseado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), números 11 e 13 (ONU, 2015). A ODS número 11 versa sobre cidades e comunidades sustentáveis e busca tornar as cidades e os assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, já a ODS número 13 trata sobre Ação contra a mudança global do clima e visa tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos.

Justificativa

O aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, como os alagamentos e inundações, coloca em evidência a vulnerabilidade de cidades como Belém-PA. Que se encontra com cotas topográficas baixas e até negativas em alguns pontos de sua orla. A ausência de um mapeamento atualizado das áreas de risco agrava significativamente os impactos desses eventos, expondo a população a perdas materiais, sociais e econômicas.

A pesquisa se insere nesse contexto crítico, buscando identificar e delimitar as áreas mais suscetíveis a alagamentos e inundações na bacia hidrográfica do Una, a Figura 1 ilustra a localização da área de estudo.

Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com uma população estimada em cerca de 500 mil pessoas, a bacia hidrográfica do Una, é a maior bacia da cidade de Belém. A topografia da bacia é predominantemente plana, com baixa declividade, o que dificulta o escoamento das águas pluviais e contribui para os alagamentos, especialmente em períodos de chuvas intensas. Além disso, a área está inserida em uma planície aluvial, próxima a diversos corpos d'água, como igarapés e canais conforme podemos observar na Figura 2, o que aumenta a suscetibilidade a inundações.

Figura 2 – Canal da Visconde, área que faz parte da bacia do Una



Fonte: Le Monde Diplomatique (2023).

Ao cruzar dados geoespaciais com informações sobre ocupação do solo e infraestrutura urbana, pretende-se gerar diagnóstico preciso da situação e propor soluções eficazes para a redução dos riscos.

O "inverno amazônico", que se constitui em um período de chuvas intensas no Norte do país. Traz problemas de todas as ordens para uma cidade que ao longo dos anos não se preparou para eventos climáticos extremos, tão pouco houve a observância ao plano diretor municipal, no que tange a uma ocupação ordenada do solo. Como consequência, temos, alagamentos e inundações que aumentam com o passar dos anos sua recorrência e intensidade, acarretando perdas

patrimoniais e impactando diretamente a qualidade de vida da população, na Figura 3 temos um exemplo de área impactada por alagamento.

Figura 3 – Alagamento na rua Mauriti, em Belém-PA



Fonte: Jornal O Liberal (2020).

A urgência desse trabalho se justifica pela necessidade de subsidiar a tomada de decisão de gestores públicos e privados, permitindo a implementação de medidas de prevenção e mitigação de desastres. Além disso, os resultados da pesquisa poderão contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais resilientes e adaptadas às mudanças climáticas.

A realização da COP 30 no Brasil, na cidade de Belém-PA, torna esse tema ainda mais relevante, pois o arcabouço teórico está alicerçado nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que versam sobre cidades resilientes e mudanças climáticas.

Objetivo Geral e Objetivos Específicos:

Objetivo Geral

Elaborar mapeamento de riscos associados a alagamentos e inundações da bacia hidrográfica do Una, localizada na cidade de Belém-PA, com a utilização de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Objetivos Específicos

- Objetivo 1: Quantificar e mapear as áreas de risco de alagamento e inundação na bacia hidrográfica do Una em Belém-PA, utilizando dados geoespaciais de alta resolução e técnicas avançadas de análise espacial.
- Objetivo 2: Avaliar a influência da ocupação urbana desordenada e da dinâmica socioeconômica na intensificação dos riscos de inundação na bacia do Una em Belém-PA.
- Objetivo 3: Elaborar cenários para áreas afetadas por alagamentos e inundações, bem como estabelecer as áreas que serão impactadas nos próximos anos por esses sinistros.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais:

Para a construção deste trabalho será analisado material bibliográfico, artigos, teses, fontes jornalísticas de dados públicos, com o intuito de obter referencial teórico e suporte para a construção da metodologia deste trabalho.

Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; atualizada em 2021. Base cartográfica em meio digital, elaborada pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém; atualizada em 2020. Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM; atualizada em 2021. Todas as informações cartográficas foram obtidas em meio digital, nos sítios dos órgãos citados em formato *Shapefile (.shp)*, de domínio público e facilmente aceitas pelos diversos sistemas de informações geográficas.

Além disso, serão utilizados dados de uso e cobertura do solo do Projeto MAPBIOMAS, para a execução de mapeamento espaço-temporal da bacia do UNA, que correspondem aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. As datas foram escolhidas em um intervalo de 10 anos para representar melhor as dinâmicas temporais urbanas.

Imagem *Landsat 8*, órbita-ponto 223/061, sensor *OLI (Operational Land Imager)*, bandas 6 (1,57 – 1,65 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm) e 4 (0,64 – 0,67 μm), da seguinte data: 23/09/2022, composição colorida 654 para análise espacial da bacia do Una.

A aquisição da cena do ASTER-GDEM se deu no catálogo de imagens, disponível no site da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço-NASA (disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov/2>). A imagem do ASTER-GDEM serve de subsídio para a produção de curvas de nível e modelos digitais de elevação que contribuem para a delimitação das cotas de inundação.

Dados de Sistema de Sistemas de posicionamento global – GNSS, registros fotográficos e relatórios de setorização de riscos do Serviço Geológico do Brasil

para a cidade de Belém-PA, também foram utilizados para contextualização dos resultados.

Métodos:

A metodologia da pesquisa está embasada no levantamento bibliográfico e em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

O processamento das imagens de sensoriamento remoto e o tratamento das informações cartográficas foi realizado com o auxílio dos programas ArcGis 10.8 e Envi 5.6, com autorização do Serviço Geológico do Brasil-SGB que concedeu as licenças dos programas para o desenvolvimento do trabalho.

As imagens utilizadas para a elaboração do trabalho de pesquisa serão obtidas a partir do acervo do projeto MAPBIOMAS e do Serviço Geológico Americano-USGS e do acervo da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço-NASA, foi utilizada imagem de satélite OLI/Landsat8 para execução da análise espacial da ocupação da cidade de Belém, mais especificamente da bacia do Una.

Inicialmente, deverá ser consultado o banco de imagens de satélite da USGS em busca da imagem mais adequada, priorizando aquela com baixo percentual de cobertura de nuvens e com a data mais recente possível. Optou-se pela imagem de satélite *OLI/Landsat 8*, órbita-ponto 223/061 do ano de 2023, composta pelas bandas 6 (1,57 – 1,65 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm) e 4 (0,64 – 0,67 μm), que resultaram na composição colorida 654.

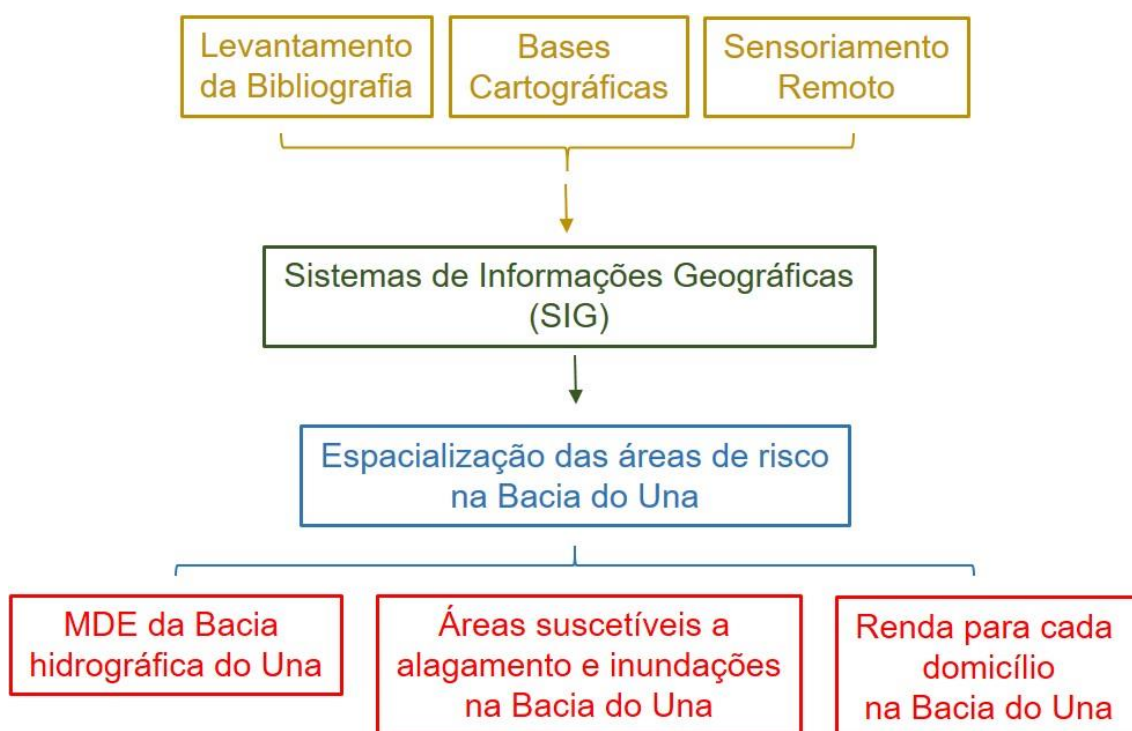
Posteriormente, a imagem será importada para o *software* ENVI 5.6, onde será realizada a correção geométrica. A imagem será corrigida resultando em arquivo no Sistema de Coordenadas Geográficas e *Datum* SIRGAS2000, conforme legislação cartográfica vigente.

Foram adquiridas classificações de uso e cobertura da terra do projeto MAPBIOMAS, para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. Em seguida foram delimitadas somente as classes de vegetação e uso do solo, para subsídio ao mapeamento espaço-temporal do uso e cobertura do solo da bacia do Una.

Em seguida foi utilizado o Modelo Digital de Elevação – MDE obtido através do Sensor ASTER-GDEM e após o cruzamento dos dados coletados em campo, em fontes bibliográficas e no banco de imagens do Basemap/ESRI, serão identificados os indícios de áreas propícias a inundações e alagamentos no município de Belém. Por fim foram utilizados dados do Censo de 2010 do IBGE, sobre a renda para cada domicílio na Bacia do Una. Para efeito de contextualização da resiliência da população local a desastres associados a alagamentos e inundações.

Abaixo, na Figura 4, segue um fluxograma da metodologia utilizada no desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 4 – Fluxograma da metodologia utilização para o desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados:

Análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo da bacia do Una

Estudos como o de Santos & Rocha (2013), indicam que a falta de mapeamento atualizado é um dos principais fatores para o aumento da vulnerabilidade, corroborando com a situação encontrada em Belém.

O objetivo principal desta pesquisa visou identificar, quantificar e mapear todas as áreas da bacia hidrográfica do Una em Belém-PA, suscetíveis a alagamentos e inundações, visando subsidiar a tomada de decisões do poder público para a redução dos riscos e a melhoria da qualidade de vida da população.

Através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, será possível obter informações precisas e atualizadas sobre a vulnerabilidade da cidade a esses eventos, permitindo a implementação de medidas de prevenção e mitigação mais eficazes.

De acordo com a prefeitura de Belém, a cidade tem cerca de 145 pontos de inundação ou alagamento. A participação da comunidade é de extrema importância até por ser a maior impactada por esse tipo de sinistro. A metodologia desenvolvida poderá ser replicada em outros municípios, contribuindo para a construção de cidades mais resilientes a eventos extremos.

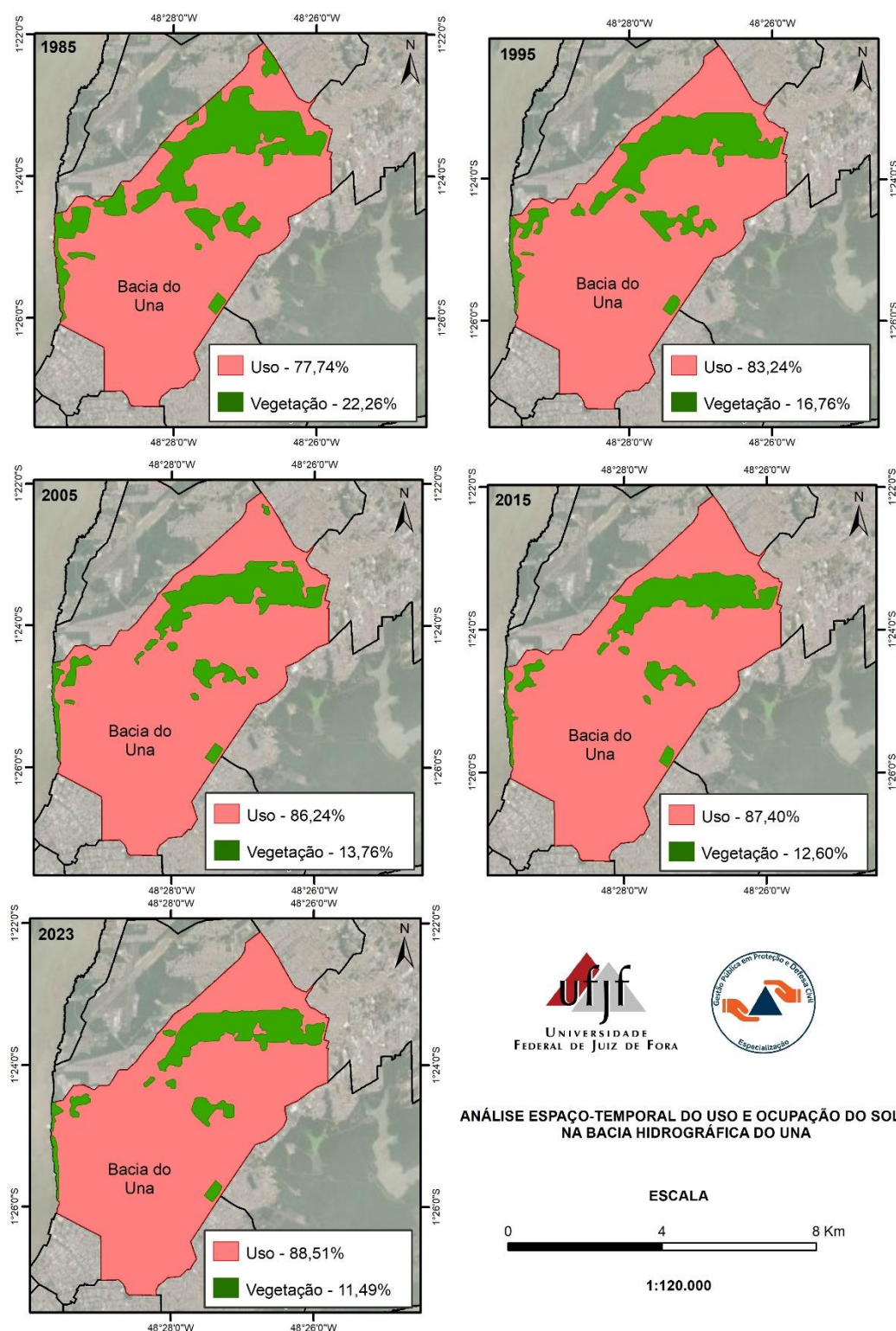
O mapeamento espaço-temporal por meio de imagens de satélite é uma poderosa técnica de sensoriamento remoto que possibilita o monitoramento e a análise das mudanças na superfície terrestre ao longo do tempo. Essa abordagem consiste na comparação de imagens captadas em diferentes períodos, permitindo a identificação e quantificação de alterações na paisagem, como variações na cobertura.

Uma das principais vantagens dessa técnica é sua capacidade de detectar tantas mudanças sutis quanto às transformações significativas na paisagem, que poderiam passar despercebidas em análises isoladas. A comparação de imagens de satélite obtidas em diferentes períodos permite a identificação de padrões de mudança, a compreensão dos processos subjacentes e a previsão

de tendências futuras. Esse recurso é essencial para diversas aplicações, incluindo monitoramento ambiental, planejamento urbano e gestão de riscos, entre outros.

No caso específico do mapeamento espaço-temporal de uso e cobertura do solo na bacia do Una, uma metodologia utilizada foi baseada no Programa MAPBIOMAS. Para a análise, foram considerados cinco períodos distintos, utilizando imagens do satélite Landsat/NASA, correspondentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. As imagens foram convertidas em vetores e definidas em duas categorias: uso do solo e vegetação. A partir disso, foram calculadas as áreas em hectares e realizadas análises comparativas como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Análise Espaço-temporal do uso do solo na Bacia hidrográfica do Una.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os principais resultados obtidos com o mapeamento do uso e cobertura do solo, foram o incremento de 10,77% na taxa de uso e ocupação do solo nos últimos

38 anos na área da bacia do Una, conforme é possível observar na Figura 5, é possível verificar um aumento considerável da ocupação das áreas verdes para alocação de novas áreas de expansão urbana. Foi possível também constatar uma diminuição drástica na cobertura vegetal, entre os anos de 1985 e 2005, temos uma taxa de 8,5% de supressão da vegetação, após esse período a bacia apresenta uma estabilização na taxa de supressão da vegetação para os anos subsequentes. Porém é notória a pressão sobre as áreas verdes remanescentes.

Modelo digital de elevação da Bacia do Una

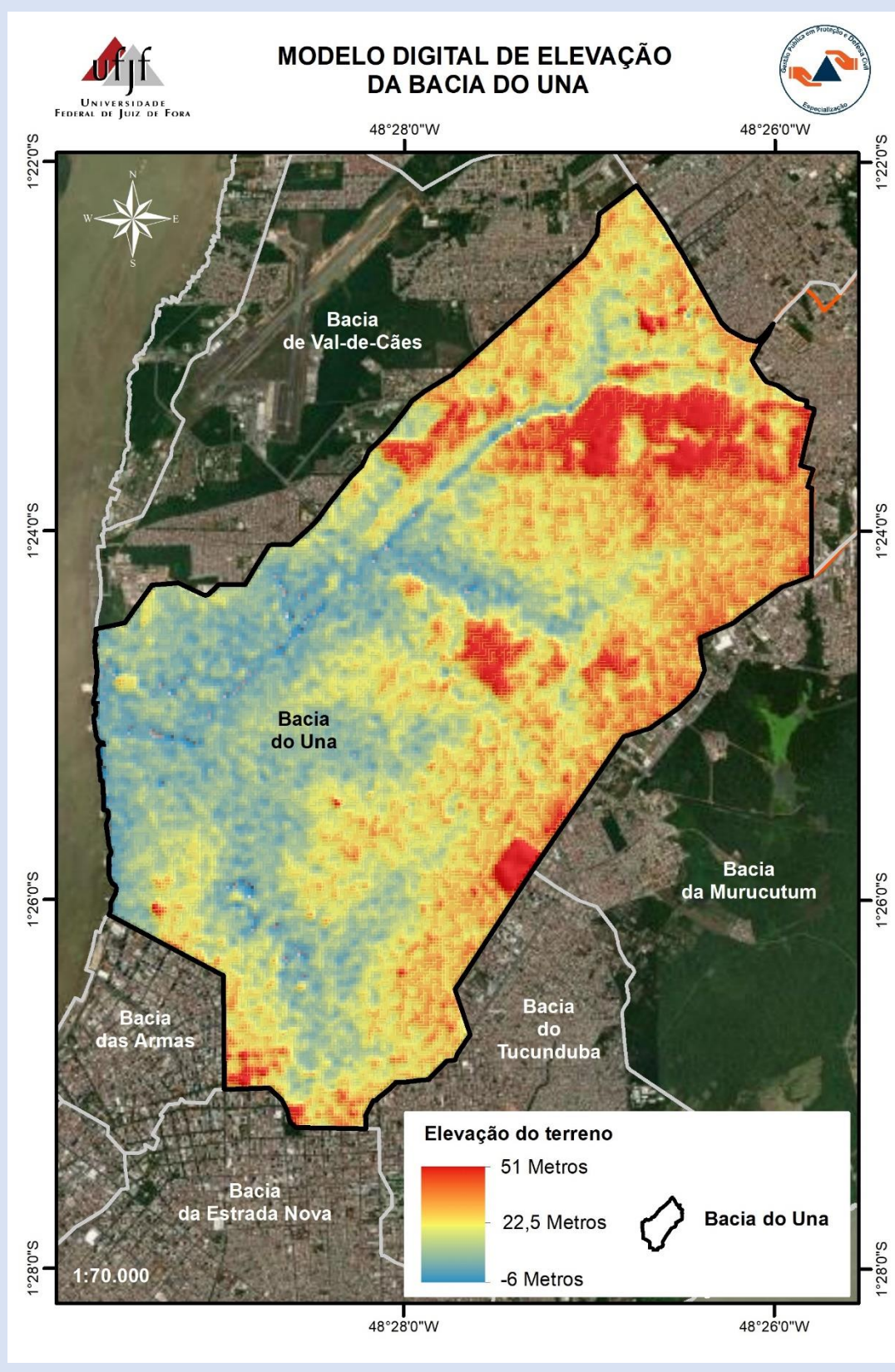
O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma ferramenta essencial para compreender o espaço geográfico, permitindo a visualização das variações de altitude de uma área específica.

Através desse processo, as características do relevo de uma região são destacadas e interpretadas, fornecendo informações valiosas para uma ampla gama de aplicações, incluindo planejamento urbano, gestão de recursos naturais, estudos ambientais e gestão de riscos e desastres.

O mapeamento altimétrico da bacia do Una foi realizado utilizando imagens de radar ASTER-GDEM, que possuem uma resolução espacial de 30 metros, as aplicações do (MDE) são vastas e abrangem diversos campos. Na gestão de riscos e desastres, por exemplo, esse tipo de mapeamento é essencial para a identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos de terra, inundações e outros desastres naturais. No planejamento urbano, o conhecimento das variações de altitude é fundamental para o desenvolvimento de infraestruturas resilientes e eficientes.

O modelo digital de elevação da bacia hidrográfica do Una, Figura 6, apresenta uma variação de 57 metros, começando com cota negativa de 6 metros e atingindo sua maior elevação de 51 metros. Essas informações são essenciais para a gestão da bacia por parte dos entes públicos.

Figura 6 – Modelo Digital de elevação da Bacia hidrográfica do Una.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Áreas potenciais de alagamentos e inundações na bacia do Una

A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), gerado com base na imagem do sensor ASTER-GDEM da bacia hidrográfica do Una, foi possível desenvolver cenários que ilustrassem as áreas impactadas por eventos de inundações e alagamentos.

O primeiro cenário, representado pela mancha azul mais clara, reflete a maré máxima registrada pela Capitania dos Portos da Amazônia Oriental, com sede em Belém, que atingiu uma cota altimétrica de 4,27 metros, registrada em 2019. De acordo com dados da pesquisa bibliográfica, marés com altura de 3 metros já causam grandes transtornos para a cidade, provocando alagamentos em diversas áreas e perdas consideráveis de patrimônio para os moradores de Belém.

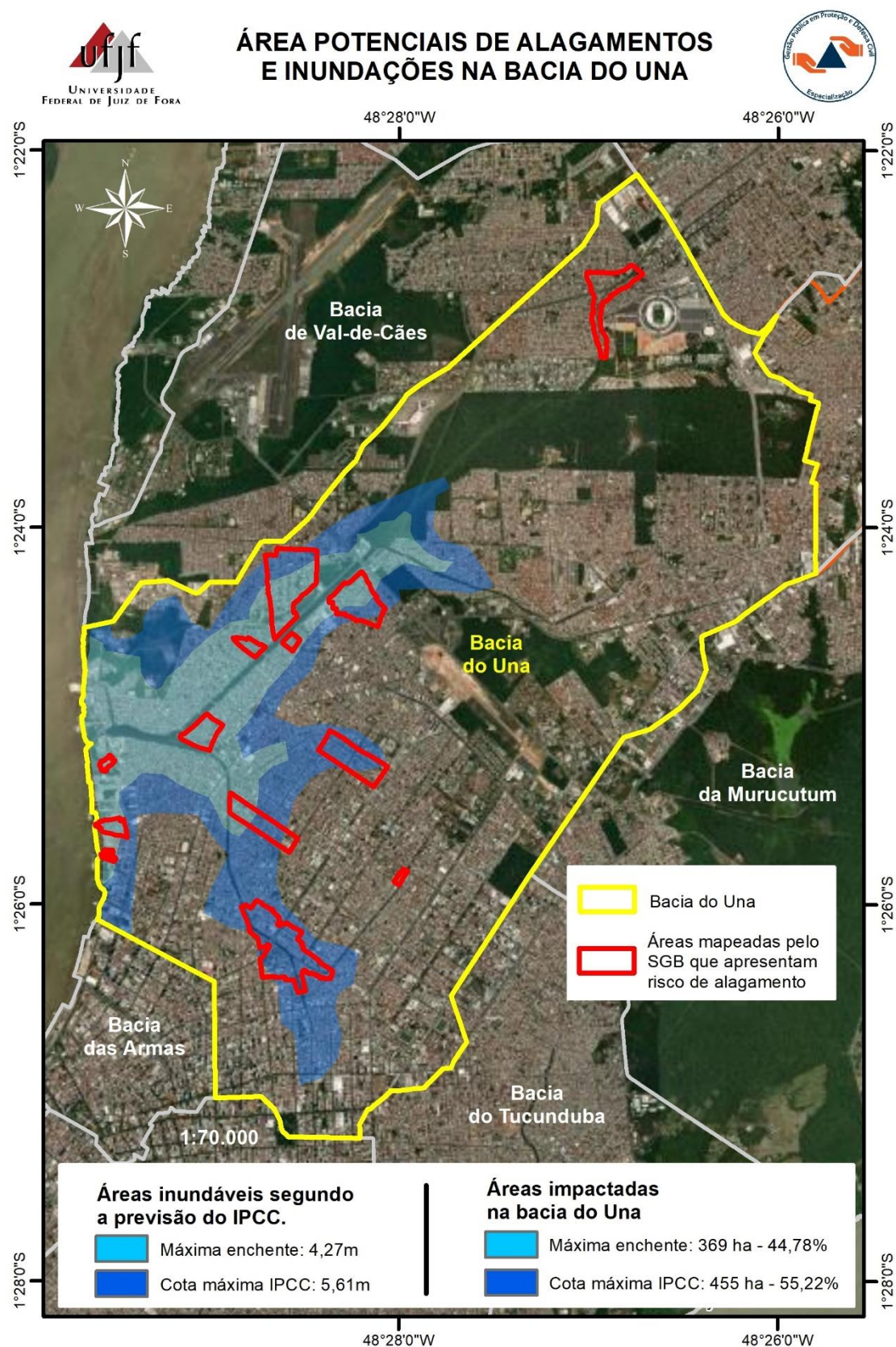
O segundo cenário, destacado na Figura 7 por uma mancha azul mais escura, ilustra o impacto de uma maré de cota 5,61 metros, projetado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), como resultado do aumento do nível do mar devido às mudanças climáticas.

Ambos os cenários foram sobrepostos às áreas mapeadas em vermelho pelo projeto de Setorização de Risco, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB). O mapeamento foi realizado entre fevereiro e novembro de 2021, e os resultados mostram a precisão e a efetividade dos objetivos específicos, demonstrando a consistência da metodologia aplicada nesta pesquisa. Foram mapeadas 13 áreas de risco, classificadas como de alto e médio risco para alagamentos.

Esses dados ressaltam a importância de uma avaliação contínua e detalhada para mitigar os riscos de inundações e alagamentos, com o objetivo de melhorar o planejamento urbano da bacia do Una.

É válido destacar que o primeiro cenário teria uma abrangência de 44,78% ou 369 hectares da área da bacia enquanto o segundo cenário projetado com base nas perspectivas do IPCC iria abranger cerca de 55,22% ou 455 hectares da área da bacia.

Figura 7 – Áreas suscetíveis a alagamento e inundações na Bacia do Una.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Análise sobre a resiliência da população residente na bacia do Una

Os dados sobre a renda da população residente, obtidos a partir dos setores censitários do IBGE, são um indicador essencial para avaliar a capacidade de resiliência de uma comunidade.

Os dados indicam que cerca de 35% da população residente nas áreas alagadas possui renda mensal inferior a R\$ 300,00 por pessoa, indicativo que reforça a vulnerabilidade social.

Os desastres não afetam todas as pessoas de uma região de maneira igualitária. Geralmente, as populações de baixa renda, que residem em áreas de risco, são as mais vulneráveis, sofrem impactos mais severos e tendo sua resiliência constantemente posta à prova. As mudanças climáticas não apenas agravaram as desigualdades sociais históricas, mas também evidenciaram a precariedade habitacional, a falta de saneamento básico ilustrada na Figura 8 e a escassez de oportunidades de trabalho, aprofundando a vulnerabilidade de diversas comunidades.

Figura 8 – Comportas da Macrodrenagem da bacia do Una.



Fonte: Portal G1 (2018).

O mapa apresentado na Figura 9 ilustra o perfil socioeconômico da população mais impactado pelos cenários modelados de alagamentos e inundações na bacia hidrográfica do Una. A análise dos dados revela que a maioria das pessoas afetadas vive em domicílio com renda mensal de até R\$ 300,00 por pessoa, caracterizando uma população de baixo poder aquisitivo e alta vulnerabilidade socioeconômica. E é também onde se encontram os bairros periféricos desta bacia.

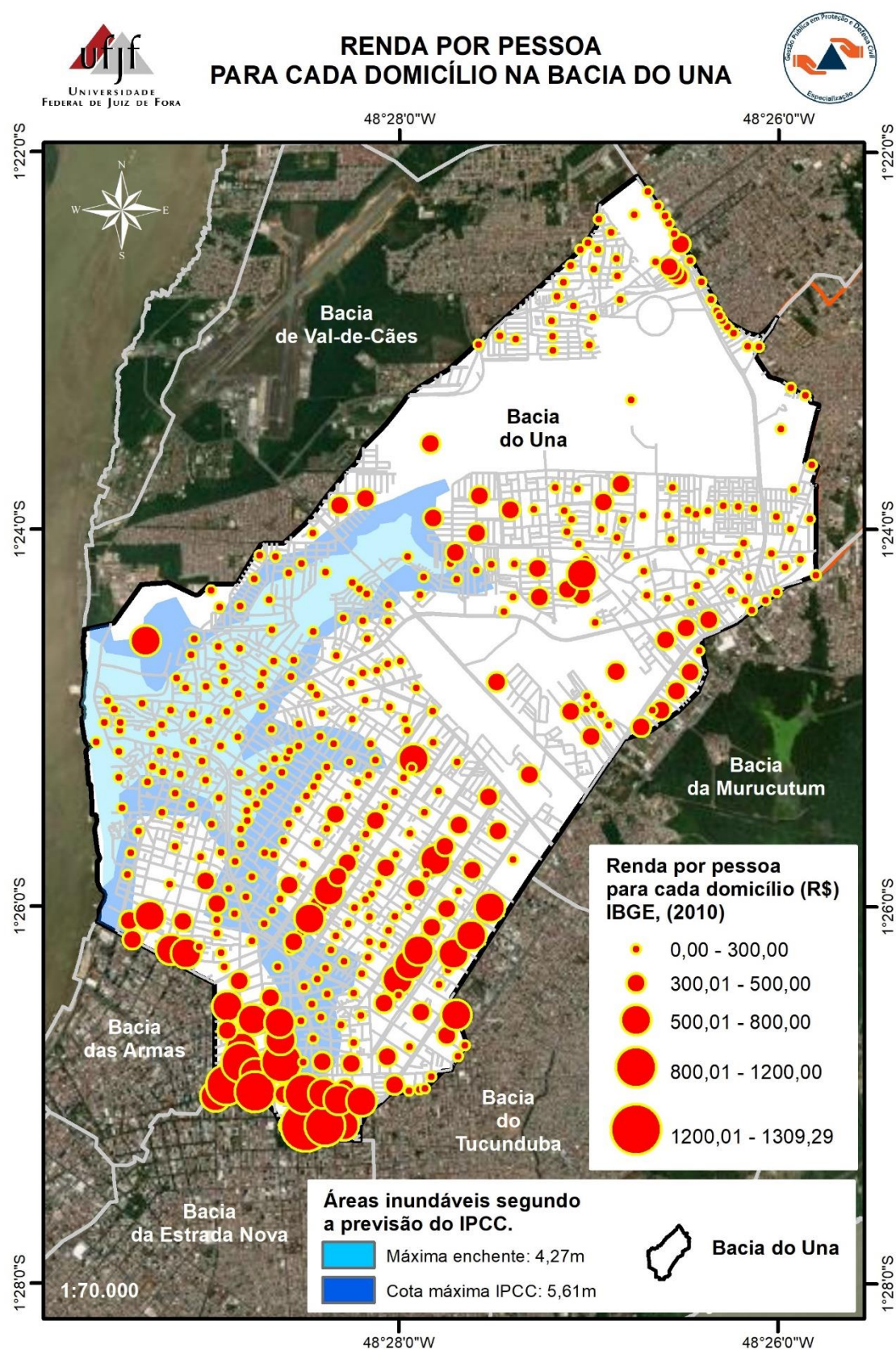
Enquanto isso, a porção sul da bacia, que abriga bairros nobres de Belém, tem recebido diversas obras de infraestrutura e intervenções paisagísticas como parte dos preparativos para a 30ª Conferência das Partes (COP30) das Nações Unidas (ONU), que ocorrerá na cidade em novembro. No entanto, a grande questão é quais serão as obras deixadas para a população como um legado para a prevenção de desastres, especialmente diante da necessidade urgente de medidas para mitigar os impactos de eventos climáticos extremos, que tenderão a se intensificar nos próximos anos.

Um exemplo preocupante é o projeto de macrodrenagem do Una, que se arrasta há três décadas sem contemplar soluções efetivas para conter os riscos associados às mudanças climáticas. Essa lacuna gera insegurança entre os moradores, que se sente refletida na ineficiência dos órgãos públicos na implementação de medidas concretas de adaptação e proteção.

Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de políticas públicas estruturantes voltadas para a redução do risco de desastres, melhoria das condições habitacionais e implementação de intervenções urbanas eficazes,

O avanço da malha urbana sobre áreas verdes e outro ponto de preocupação do ponto de vista ambiental e da prevenção de riscos e desastres, uma vez que diminui a capacidade de mitigação.

Figura 9 – Mapa sobre a renda para cada domicílio na Bacia do Una.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Discussão:

Os resultados da pesquisa destacam a eficácia da metodologia para identificar e localizar áreas afetadas por alagamentos e inundações na bacia hidrográfica do Una. A utilização de ferramentas de geotecnologia impacta significativamente no tempo e no custo de obtenção dessas informações, cruciais para o planejamento ambiental e gestão de riscos e desastres. A falta de um planejamento adequado para o uso do solo na bacia do Una requer ações urgentes de mitigação.

Identificou-se que 11 das 13 áreas mapeadas, como áreas de risco pelo relatório de setorização de riscos do SGB estão dentro dos cenários de áreas afetadas por inundações ou alagamentos, colocando alto risco para a população residente. Uma análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo revelou um aumento preocupante de 10,77% de áreas antropizadas nos últimos 38 anos, o que intensifica a impermeabilização do solo e dificulta o escoamento das águas pluviais.

A bacia hidrográfica do Una precisa melhorar sua estrutura urbana para mitigar os impactos adversos de eventos climáticos extremos, especialmente devido ao alto percentual de moradores em áreas de risco, aumento da impermeabilização do solo e expansão para novas fronteiras urbanas ao longo da bacia.

Este estudo está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 13, que tratam, respectivamente, de cidades e comunidades sustentáveis e ação climática global. Reforçar a resiliência e capacidade de adaptação aos riscos associados a eventos climáticos extremos é crucial para todos os países.

É evidente também a disparidade de renda entre os moradores próximos às áreas de risco, que frequentemente sofrem perdas patrimoniais graves em caso de inundação, devido à menor capacidade de recuperação financeira. Integrar a mudança climática nas políticas nacionais, estratégias e planejamentos, além de melhorar a educação para aumentar a conscientização e capacidade institucional em mitigação, adaptação e alerta precoce, são estratégias essenciais vinculadas aos ODS.

Torna-se essencial uma mudança de paradigma na gestão da bacia, com foco na conservação e manejo sustentável dos recursos naturais. A pesquisa sublinha a importância de políticas públicas eficazes que equilibrem o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, garantindo um futuro sustentável para a região e suas populações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa evidenciam a eficácia da metodologia na identificação de áreas com potencial risco de inundação e alagamento na bacia hidrográfica do Una, localizada em Belém-PA. Além disso, foi possível mapear, de forma satisfatória, as áreas suscetíveis a esses eventos a partir de projeções futuras baseadas em diversos cenários.

O uso de ferramentas de geotecnologia tem um impacto significativo na redução do tempo e do custo para obter essas informações estratégicas, essenciais para o planejamento ambiental e a gestão de riscos e desastres. Esse fator é ainda mais relevante considerando a extensão da bacia do Una no contexto urbano de Belém e os desafios decorrentes de sua complexidade, incluindo a ocupação irregular e o frequente descumprimento do plano diretor na expansão das áreas habitacionais

A análise temporal do uso e ocupação do solo revelou um aumento de 10,77% na taxa de urbanização nos últimos 38 anos na área da bacia do Una.

O presente trabalho fundamenta-se nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 13, que tratam, respectivamente, da promoção de cidades e comunidades sustentáveis e da ação contra as mudanças climáticas globais. Esses objetivos enfatizam a necessidade de reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação aos riscos associados a eventos climáticos extremos.

Como exemplo prático de intervenção para a bacia do Una, podemos citar O Sistema de Alerta de Cheias de São Paulo (SAC-SP), que utiliza dados em tempo real de chuvas e níveis de rios para prever inundações. Isso permite que o município tome medidas preventivas e alerte a população com antecedência.

Esta pesquisa tem o potencial de servir como base para estudos subsequentes e até mesmo ser replicada em outras bacias urbanas. O objetivo é impulsionar a criação de políticas públicas mais eficazes, que abordem os riscos de alagamentos e inundações na bacia do Una por meio de debates e ações concretas.

5. REFERÊNCIAS

ARTAXO, P. E. N. REVISTA CIÊNCIA E CULTURA, Mudanças Climáticas: Caminhos para o Brasil, 2023. Disponível em: < <https://revistacienciaecultura.org.br/?p=3633> > Acesso em: Set de 2024.

ASTER DIGITAL GLOBAL ELEVATION MODEL. MINISTRY OF ECONOMY, Trade and Industry of Japan (METI), 2022. Disponível em < <https://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/> > Acesso em: set. 2024.

FERREIRA, A. S. Uso de Geoprocessamento e Geotecnologias no Mapeamento de Áreas de Vulnerabilidade a Inundação no Perímetro Urbano do Município de Humaitá, Sudoeste da Amazônia. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, Humaitá, p. 16. 2019.

FERREIRA, H. S.; CUNHA, W. K. O. N.; SILVA, A. B. B.; SANTOS, S. S.; COSTA, T. J. C. Análise de Risco A Eventos Ligados as Mudanças Climáticas na Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, em Belém-PA, Revista FOCO. Ibitinga. v.17, n.3, Mar. 2024. p.1-12.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. ed. 3. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FREITAS, A. M. Riscos Hidrológicos: material didático do Curso de pós-graduação Lato Sensu Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. 1. ed. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Juiz de Fora - MG, 2024. Livro Eletrônico (80 p.).

GUIMARÃES, N. C.; PACHECO, A. M. Introdução à Proteção de Defesa Civil: material didático do Curso de pós-graduação Lato Sensu Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. 1. ed. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Juiz de Fora - MG, 2024. Livro Eletrônico (119 p.).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. IBGE Censo, 2010. Disponível em < www.ibge.gov.br > Acesso em: dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11> > Acesso em Fev. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13, Ação Contra a Mudança Global do Clima. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13> > Acesso em fev. 2024.

RIBEIRO, A. C. J. Introdução ao Planejamento, Projetos e Processos: material didático do Curso de pós-graduação Lato Sensu Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. 1. ed. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Juiz de Fora - MG, 2024. Livro Eletrônico (94 p.).

RIBEIRO, C. R. Geoprocessamento em Proteção e Defesa Civil: material didático do Curso de pós-graduação Lato Sensu Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. 1. ed. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Juiz de Fora - MG, 2024. Livro Eletrônico (377 p.).

SANTOS, F. A. A; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. *GeoAmazônia*, Belém, v. 2, n. 2, p. 33-55, jul./dez. 2013.

SANTOS, L. S; JUNIOR, O. M. S.; ROCHA, M. A. N. Mapa de Múltiplas Ameaças: Um Sobreaviso a População Amazônica. Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano, São Paulo. 2ª edição, 2020. p.626-641.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB. Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Belém, Pará, 2021. Disponível em < <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/20761.3> > Acesso em dez. 2024.

SILVEIRA, F. A. Cidades Resilientes: material didático do Curso de pós-graduação Lato Sensu Gestão Pública em Proteção e Defesa Civil. 1. ed. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Juiz de Fora - MG, 2024. Livro Eletrônico (176 p.).