



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

IVALDO DE JESUS ALMEIDA BELÉM

ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE
PRECIPITAÇÃO E NÍVEL DA MARÉ NA CIDADE DE BELÉM: ESTRATÉGIAS
PARA CRIAÇÃO DE LIMIARES DE ALERTA PARA ALAGAMENTOS

BELÉM-PARÁ

2025

IVALDO DE JESUS ALMEIDA BELÉM

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E
NÍVEL DA MARÉ NA CIDADE DE BELÉM: ESTRATÉGIAS PARA CRIAÇÃO DE
LIMIARES DE ALERTA PARA ALAGAMENTOS**

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 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: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

Orientador: Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior

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)

B428a Belém, Ivaldo de Jesus Almeida.

Análise dos impactos dos eventos extremos de precipitação e nível da maré na cidade de Belém: estratégias para criação de limiares de alerta para alagamentos / Ivaldo de Jesus Almeida Belém. — 2025.

42 f. + 1 produto técnico (22f. il: color).

Orientador(a): Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,

Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2024.

Acompanhado do produto técnico: “Mapeamento hipsométrico, arruamentos e pluviometria da cidade de Belém-PA”

1. Alagamentos. 2. Mapeamento estratégico. 3. Riscos naturais. 4. Marés. I. Título. II. Título: Mapeamento hipsométrico, arruamentos e pluviometria da cidade de Belém-PA.

CDD 363.3492

IVALDO DE JESUS ALMEIDA BELÉM

IVALDO DE JESUS ALMEIDA BELÉM

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E
NÍVEL DA MARÉ NA CIDADE DE BELÉM: ESTRATÉGIAS PARA CRIAÇÃO DE
LIMIARES DE ALERTA PARA ALAGAMENTOS**

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 grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

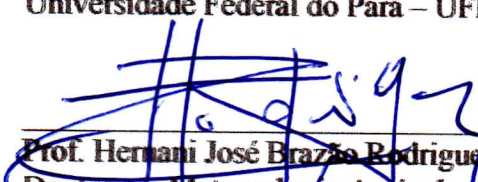
Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

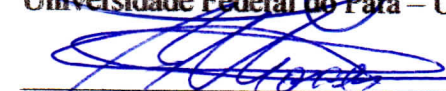
Linha de Pesquisa: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

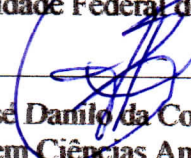
Data da aprovação: 27/12/2024

Banca examinadora:


Prof. João de Athaydes Silva Júnior - Orientador
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará – UFPA


Prof. Hernani José Brazão Rodrigues – Examinador interno
Doutor em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará – UFPA


Prof. Bergson Cavalcanti de Moraes – Examinador interno
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará – UFPA


Prof. José Danilo da Costa Souza Filho – Examinador externo
Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará

À Deus e Ns^a Sr^a de Nazaré. Obrigado pelo amparo nos momentos de fraqueza.

Aos meus pais, Anailde e Paulo Belém (em memória), por todo o amor que me dedicaram em todos os momentos, por todo o apoio incondicional, por todos os conselhos e por todo aceite das minhas decisões. Amo vocês indefinidamente e sempre os honrarei com o meu melhor. Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. João de Athayde Silva Junior, além de um exímio cientista é um grande homem! Professor João de Athayde, aceitou me orientar, confiar e acreditar em mim quando eu mesmo não acreditava e me mostrou que tudo é possível. Obrigado pela formação científica e humanista! Uma honra muito grande ser seu aluno.

A minha esposa: Cora Belém, pelo amor, carinho e compreensão principalmente pelos momentos em que precisei me ausentar em busca deste tão sonhado título.

Aos meus filhos: Cristiane, Izídio, Izabela e Ivaldo Filho, que muito me ajudaram e contribuíram para a minha formação em busca de novos conhecimentos.

Por falar em agradecimentos, não poderia deixar de mencionar a Direção do Instituto na pessoa do prof. Arnaldo Queiros e Cristiano Mendel, pelo apoio que sempre me deram

Aos meus colegas de CPGA: Michela, Dayse, Edda, Ferreira, Quaresma e Ercio, pelo apoio e força que sempre me deram, para que obtivesse esta qualificação.

Ao Secretário do PPGRDN Sr, Raimundo Claudio, pelo auxílio e incentivo a este projeto, colaborando significativamente para que ele tivesse êxito.

A todos os professores do Curso que tive o privilégio de conviver como aluno nesses dois anos, meu muito obrigado.

RESUMO

Os problemas de alagamentos em grandes cidades são frequentes e causam diversos transtornos para a população, como danos materiais, riscos à saúde e perda de vidas. Em Belém, capital do Pará, não é diferente, e nas últimas décadas, frequentemente a cidade vem sendo afetada por eventos de alagamentos, associados aos extremos de precipitação pluvial, e a ocorrência de alagamentos. O objetivo deste trabalho é identificar as áreas na cidade de Belém que possuem maiores riscos de alagamentos, propondo limiares de alerta com bases nas características geográficas e os eventos extremos de precipitação e nível da maré em Belém. A pesquisa ocorreu de forma exploratória documental com abordagens quantitativa com tratamento dos dados estatísticos e qualitativa, caracterizando as regiões com maiores vulnerabilidades para alagamentos, com base na hipsometria das bacias hidrográficas. Foi estudada a pluviometria para a cidade, com base nos dados pluviométricos das estações meteorológica automática e convencional do INMET e os dados do nível da maré foram oriundos das medições realizadas pela Marinha do Brasil. A relação entre as ocorrências de alagamentos na cidade estão ligadas com a pluviometria, o nível da maré e as cotas mais baixas, onde apenas o nível da maré alta já é capaz de gerar alagamentos em algumas localidades da cidade. O produto dessa dissertação é o mapeamento das bacias hidrográficas de Belém com o arruamento urbano, indicando as áreas mais vulneráveis (cotas mais baixas) e informações sobre eventos extremos de precipitação históricos, para auxiliar a tomada de decisão por agentes públicos para fins de planejamento urbano e intervenções futuras nas mesmas.

Palavras-chave: alagamentos; mapeamento estratégico; riscos naturais; marés.

ABSTRACT

The problem of flooding in large cities is frequent and causes various disturbances to the population, such as material damage, health risks, and loss of lives. In Belém, the capital of Pará, it is no different, and in recent decades, the city has often been affected by flooding events associated with extreme rainfall. This study aims to identify areas in the city of Belém that have the highest flood risks and to propose alert thresholds based on geographical characteristics, extreme rainfall events, and tide levels in Belém. The research was conducted in an exploratory documentary manner, with quantitative approaches involving the treatment of statistical data, and qualitative approaches characterizing the regions with the greatest vulnerabilities to flooding based on the hypsometry of the hydrographic basins. The city's rainfall was studied based on pluviometric data from the INMET automatic and conventional meteorological stations, and tide level data were obtained from measurements taken by the Brazilian Navy. The relationship between flooding occurrences in the city is linked to rainfall, tide level, and the lowest elevations, where just the high tide level is enough to cause flooding in some parts of the city. The result of this dissertation is the mapping of the hydrographic basins of Belém with the urban road network, indicating the most vulnerable areas (lowest elevations) and information on historical extreme rainfall events, to assist public agents in decision-making for urban planning and future interventions.

Keywords: floods; strategic mapping; natural risks; tides

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Temporal provoca alagamentos e destelha casas em Belém.....	19
Figura 2 - Chuvas com marés altas começam a partir do dia 19 de março no Pará	19
Figura 3 - Belém terá semana inteira com marés mais elevadas e risco de alagamentos graves	20
Figura 4 - Localização geográfica de Cidade de Belém, PA.....	22
Figura 5 – Número de eventos de alagamentos pesquisados por bacia hidrográfica.....	26
Figura 6 - Distribuição da precipitação pluvial média mensal no período de 1967 a 2023, com seus respectivos desvios padrões	27
Figura 7 - Distribuição da precipitação pluvial anual no período de 1967 a 2023, a média do período.....	28
Figura 8 - Distribuição da precipitação pluvial média mensal no período de 1967 a 2023, a cada 10 anos e a climatologia	28
Figura 9 - Distribuição da precipitação pluvial média mensal nos períodos de 1970-1979(a), 1980-1989(b), 1990-1999 (c), 2000-2009 (d), 2010-2019(e) e de 2020-2023.....	29
Figura 10 - Variabilidade média horária anual, do período chuvoso e menos chuvoso para Belém no período de 2003 a 2023.....	31
Figura 11 - Variabilidade média horária da precipitação anual para a cidade de Belém, durante o período do estudo.....	31
Figura 12 - Hipsometria das bacias hidrográficas da cidade de Belém	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	14
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	Características urbanas e clima urbano	15
3.2	A cidade de Belém e suas características.....	16
3.3	Eventos extremos de chuva e Belém	17
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	Caracterização da área do estudo	21
4.2	Procedimentos de coleta e análise dos dados	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1	Registro das ocorrências de alagamentos.....	25
5.2	Caracterização dos eventos de precipitação na área de estudo	27
6	PRODUTO TÉCNICO	38
7	CONCLUSÕES.....	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A – Produto Técnico	42

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil pode ser entendido como o resultado de transformações econômicas, sociais e políticas que ocorreram ao longo da história do país. Segundo o Ibge (2020), o Brasil é hoje um país predominantemente urbano, com 86% da população vivendo em cidades. A partir da década de 30, com o advento industrial no país, ocorreu um grande crescimento demográfico e espacial. Entre 1940 e 1980, a população urbana saltou de 31% para 68% do total (Ibge, 2020). Esse fenômeno ficou conhecido como "êxodo rural" e junto com este crescimento acelerado veio os problemas com infraestrutura nas cidades, dentre outros.

O processo de urbanização de Belém, capital do Pará, está relacionado com o ciclo da borracha, que ocorreu no final do século XIX e início do século XX. Nesse período, a cidade recebeu um grande fluxo de migrantes, que buscavam oportunidades de trabalho e renda na exploração e comercialização da borracha. Essa atividade econômica trouxe riqueza e desenvolvimento para Belém, que passou por uma reestruturação urbana inspirada na Paris Hausmaniana, com a construção de edifícios, praças, avenidas e monumentos que expressavam o luxo e o progresso da belle époque paraense (Sarges, 1999)

A crescente urbanização das últimas décadas trouxe modificações no uso e ocupação do solo e no ciclo hidrológico dos locais impactados e dentre os problemas mais comuns em áreas urbanizadas, as enchentes e alagamentos constam como os principais a serem enfrentados, principalmente em épocas de chuvas intensas, com destaque para as áreas mais baixas (Guimarães; Penha, 2009).

Com o rápido aumento populacional, associados aos impactos da variabilidade climáticas torna mais desafiadora a capacidade de adequação do ambiente para a mitigação dos danos para a sociedade e o ecossistema (Bryant *et al.*, 2009). As consequências desses eventos no contexto urbano podem despontar em múltiplos desafios, os quais estão intrinsecamente acoplados a variáveis como condições climáticas, topografia, infraestrutura e padrões de ocupação do solo.

Belém do Grão Pará, capital do Pará, está localizada na confluência do Rio Guamá com a Baía do Guajará. E sua posição foi estrategicamente escolhida com objetivos militares em meados do século XVII, favorecendo suas atividades portuárias e servindo como entreposto comercial, para concentração de fluxos econômicos de uma rede urbana com as outras cidades e vilarejos ao longo da bacia fluvial do Amazonas (Correa, 1987; Pentead, 1968; Moreira,

1966). Diante de tais características geográficas, a estrutura do espaço urbano acabou sendo um desafio e uma constante luta devido às áreas alagadas. Já que sua ocupação se deu inicialmente por áreas ribeirinhas, pelas atividades realizadas na beira do rio.

A sobrecarga de um sistema de drenagem, o uso inadequado do solo, a impermeabilização de um local e a urbanização caótica provocam uma redução da capacidade natural de armazenagem de deflúvios (escoamento superficial da água), fazendo com que a água ocupe outros locais, o que tende a provocar alagamentos e inundações (Canholi, 2015). Os alagamentos têm como definição a acumulação momentânea de água em certa área, sendo a mesma causada por sistema de drenagem deficiente ou que apresente problemas, podendo ser agravada ou não por processos fluviais e serem localizados ou afetar grandes áreas, dependendo da dimensão das complicações do sistema de drenagem do local e da intensidade da chuva (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). Já enchentes são definidas por Pompêo (2000) como fenômenos naturais que tem como principal causador as precipitações de elevada magnitude.

Os alagamentos são um problema recorrente em grandes cidades, especialmente em épocas de chuvas intensas. Eles causam transtornos para a população, como congestionamentos, danos materiais, riscos à saúde e até mortes. Uma das principais causas dos alagamentos é a impermeabilização do solo, ou seja, a substituição de áreas verdes por construções, asfalto e concreto. Esses materiais impedem que a água da chuva infiltre no solo e escoe para os rios e córregos. Assim, a água se acumula nas ruas e provoca enchentes (Silva; Souza, 2018).

Neste sentido, a região Amazônica possui características climáticas quente e úmida, onde os gradientes de temperaturas são baixos, com ocorrência de nebulosidade e precipitação convectiva (Amanajàs; Braga, 2012). Ao se tratar de Belém-PA, os índices pluviométricos são elevados e caracterizam-se em dois períodos: o chuvoso e menos chuvoso. Estes períodos são compreendidos entre janeiro e maio (chuvoso), com acumulados mensais que variam de 300 mm a 400 mm, já nos meses de setembro a novembro ocorrem os menores índices pluviométricos (menos chuvoso) com valores entre 120 a 200 mm/mês (Souza *et al.*, 2009).

Outro fator que agrava os alagamentos é a ocupação irregular de áreas de risco, como margens de rios, encostas e várzeas. Esses locais são mais vulneráveis às inundações e deslizamentos, pois não têm infraestrutura adequada de drenagem e contenção (Santos; Silva, 2019).

Segundo Silva (2010), os alagamentos são um fenômeno complexo e multifatorial, que requer uma abordagem interdisciplinar e intersetorial para ser compreendido e solucionado. O autor afirma que é necessário articular os conhecimentos das ciências naturais, sociais e aplicadas, bem como as políticas públicas, os instrumentos legais e os mecanismos de participação social.

Os problemas de alagamentos em grandes cidades são frequentes e causam diversos transtornos para a população, como danos materiais, riscos à saúde e perda de vidas. Esses problemas estão relacionados a características urbanas que favorecem o escoamento superficial da água da chuva, como a impermeabilização do solo, a ocupação irregular de áreas de preservação ambiental, a falta de infraestrutura de drenagem e a ausência de planejamento urbano.

Na cidade de Belém não é diferente, e nas últimas décadas, frequentemente a cidade vem sendo afetada por eventos de alagamentos, associados aos extremos de precipitação pluvial, e a ocorrência de alagamentos, onde eles são potencializados quando ocorrem simultaneamente com a maré alta, o que resulta em alagamentos que afetam a infraestrutura urbana e a população, gerando prejuízos sociais e econômicos, principalmente nas áreas mais baixas da cidade (Silva Junior *et al.*, 2010).

O processo de urbanização também contribui o para a ocorrências de desastres naturais, e em Belém não foi diferente da maior parte do Brasil, sendo esse um processo marcado pela falta de planejamento e degradação ambiental. A intensificação das atividades econômicas trouxe para a região norte do Brasil um ligeiro processo de crescimento de centros urbanos, cuja consequência final foi à rápida deterioração da qualidade ambiental, associado a um acelerado crescimento desordenado da área urbana (Rodrigues, 1996).

A cidade de Belém enfrenta grandes desafios em relação à gestão dos recursos hídricos e à drenagem urbana, devido à grande quantidade de rios e igarapés que cortam o município, associados a grande parte de a área urbana estar abaixo da cota de 4 metros com relação ao nível do mar (Costa, 1998). Assim, este trabalho tem por objetivo identificar as áreas na cidade de Belém que possuem maiores riscos de alagamentos, propondo limiares de alerta com bases nas características geográficas e os eventos extremos de precipitação e nível da maré em Belém.

Relocar essa população para áreas mais altas é inviável devido a diversos fatores como os custos financeiros e culturais, no entanto, para minimizar os prejuízos, o uso do conhecimento técnico-científico pode ser aplicado por meio de alertas para população e poder

público. Para isso é importante que os alertas sejam personalizados por regiões, evitando assim o descrédito dos mesmos.

A implementação de limiares de precipitação para realizar um alerta pode ser uma estratégia importante para minimizar esses impactos junto a população mais vulnerável que habitam principalmente com as áreas mais baixas da cidade. O uso de desses limiares vai permitir aos órgãos públicos emitir alertas em tempo hábil para a adoção em tempo hábil de medidas que possam minimizar os prejuízos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Identificar as áreas na cidade de Belém que possuem maiores riscos de alagamentos, propondo limiares de alerta com bases nas características geográficas e os eventos extremos de precipitação e nível da maré em Belém.

2.2 Específicos

- Efetuar um levantamento de dados referentes a ocorrência dos eventos de alagamentos na cidade de Belém e as áreas afetadas;
- Identificar as áreas mais vulneráveis à ocorrência de alagamentos na cidade de Belém;
- Caracterizar as áreas mais vulneráveis a alagamentos de acordo com o nível de maré e precipitação pluvial;
- Caracterizar os eventos de precipitação na área de estudo;

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Características urbanas e clima urbano

Para compreender melhor essas questões, é necessário recorrer ao referencial teórico da geografia urbana, que estuda as formas, as funções e os processos das cidades, bem como as relações entre o espaço urbano e o meio ambiente. Segundo Santos (1996), a cidade é um espaço socialmente produzido e transformado pela ação humana, que reflete as contradições e os conflitos da sociedade. Nesse sentido, os alagamentos são expressões das desigualdades socioespaciais e da degradação ambiental que marcam as grandes cidades brasileiras.

O clima urbano é um fenômeno complexo que resulta das interações entre os componentes naturais e antrópicos das cidades. As áreas urbanas modificam o clima local alterando o balanço energético de superfície, o ciclo hidrológico, a composição atmosférica e a aerodinâmica do fluxo de ar. Segundo Masson *et al.* (2020) algumas das principais características e fenômenos do clima urbano são:

- Aquecimento urbano: O efeito ilha de calor urbano (ICU) é o fenômeno de temperaturas mais altas em áreas urbanas em comparação com seu entorno rural, especialmente à noite.

- Redução da evapotranspiração: A urbanização reduz a quantidade de água disponível para evaporação e transpiração do solo e da vegetação, o que afeta o balanço energético de superfície e a hidrologia local. A evapotranspiração reduzida pode aumentar o efeito ICU, diminuir a formação de nuvens e precipitação e aumentar o escoamento superficial e as inundações (Masson *et al.*, 2020).

- Aumento da emissão de poluentes: As áreas urbanas são as principais fontes de poluentes atmosféricos, como dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, ozônio, material particulado e compostos orgânicos voláteis. Esses poluentes podem afetar o clima urbano alterando as propriedades radiativas da atmosfera, a formação de nuvens e precipitação e as reações químicas que regulam a composição atmosférica. A poluição do ar também pode ter efeitos adversos na saúde humana, nos ecossistemas e nas mudanças climáticas.

As características urbanas e o clima urbano estão intimamente relacionados, pois as características físicas e socioeconômicas das cidades podem afetar o clima local e as condições atmosféricas. Por exemplo, as áreas urbanas tendem a ter temperaturas mais altas, umidade mais

baixa e mais poluição do ar do que as áreas rurais, devido à presença de edifícios, calçadas, veículos e atividades humanas (OKE, 1982).

Outra questão ambiental urbana é o aumento do risco de enchentes e inundações devido às fortes chuvas. Segundo Pathirana *et al.* (2014) a urbanização muitas vezes reduz a capacidade de drenagem natural da terra, pois a vegetação é substituída por superfícies impermeáveis que impedem a infiltração de água e aumentam o escoamento. Além disso, os sistemas de drenagem urbana podem não ser capazes de lidar com eventos extremos de precipitação, especialmente em países em desenvolvimento, onde a infraestrutura é inadequada ou mal mantida. Como resultado, as inundações urbanas podem causar danos a propriedades, infraestrutura e vidas humanas, além de contaminar fontes de água e disseminar doenças.

Outro autor que contribui para a análise dos alagamentos foi Tucci (2006), que aborda os aspectos hidrológicos e hidráulicos envolvidos nesse fenômeno. O autor explica que os alagamentos ocorrem quando a capacidade de infiltração do solo é menor do que a intensidade da chuva, gerando um excesso de água que não consegue ser drenado pelo sistema natural ou artificial. Além disso, o autor destaca que os alagamentos são influenciados por fatores como o relevo, o clima, a cobertura vegetal, o uso e ocupação do solo e as características da rede de drenagem.

Portanto, é possível afirmar que os alagamentos em grandes cidades são resultado da interação entre fatores naturais e antrópicos, que modificam o ciclo hidrológico e alteram o equilíbrio entre oferta e demanda de água. Para enfrentar esse problema, é preciso adotar medidas integradas de gestão urbana e ambiental, que considerem as especificidades de cada bacia hidrográfica e promovam a participação social na tomada de decisões.

3.2 A cidade de Belém e suas características

Belém é uma cidade que apresenta características urbanas marcadas pela ocupação desordenada do solo, pela deficiência de infraestrutura e pelos impactos de grandes projetos urbanísticos. Esses fatores contribuem para aumentar o risco de inundações urbanas, como já estudado na Bacia do Una, onde vive uma população de baixa renda que sofre com os alagamentos frequentes (Soares; Cruz, 2019).

Neste contexto, Belém situa-se em um ambiente em que os aspectos geomorfológicos e climáticos convergem para uma situação constante de risco para a ocorrência de inundações. As áreas de várzeas associadas a um índice pluviométrico em torno de 3.000 mm/ano e as

modificações decorrentes da urbanização (impermeabilização, alteração topográfica, problemas de saneamento básico) favorecem a ocorrência de alagamentos, principalmente, durante a estação mais chuvosa (Pontes *et al.*, 2017).

As chuvas intensas provocam inundações, alagamentos, deslizamentos de terra e outros problemas que afetam a população, especialmente a mais vulnerável. A urbanização desordenada e a ocupação de áreas de risco agravam esses impactos e reduzem a capacidade de adaptação da cidade (Oliveira *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020). As inundações urbanas em Belém são resultado da interação entre fatores naturais e antrópicos. Os fatores naturais incluem o relevo plano, a baixa capacidade de infiltração do solo, a alta pluviosidade, a variação da maré e a proximidade dos rios. Os fatores antrópicos incluem o crescimento populacional, a expansão urbana descontrolada, a impermeabilização do solo, a ocupação de áreas de preservação permanente, a falta de infraestrutura de drenagem, a poluição dos cursos d'água e o descarte inadequado de resíduos sólidos. Esses fatores reduzem a capacidade de escoamento das águas pluviais e aumentam o risco de inundações (Lima *et al.*, 2021).

As consequências das inundações urbanas em Belém são graves para a população e o meio ambiente. As inundações causam danos materiais, perdas econômicas, doenças, mortes, desabrigados e isolamento social (Soares; Cruz, 2019). Algumas medidas possíveis são: melhorar o planejamento urbano, regularizar as ocupações irregulares, recuperar as áreas degradadas, ampliar e manter a rede de drenagem, monitorar e alertar sobre os eventos extremos.

3.3 Eventos extremos de chuva e Belém

Os fenômenos de precipitação extrema estão se intensificando globalmente, gerando preocupações significativas entre cientistas e autoridades devido aos severos impactos causados nas áreas urbanas e na sociedade. Na cidade de Belém não é diferente, onde os eventos extremos de chuva têm causado diversos impactos socioeconômicos, como os alagamentos, os congestionamentos, quedas de árvores, interrupção do fornecimento de energia elétrica e destelhamento de edificações.

O alagamento é uma das consequências dos eventos extremos de precipitação, que é a integração de um grande volume de água precipitado que produz um grande escoamento superficial, que ultrapassa a capacidade da rede de drenagem local, implicando no acúmulo de água sobre a superfície das áreas mais baixas do terreno (Santos, 2014).

Esses eventos são caracterizados como "extremos" quando a precipitação diária ultrapassa o décimo superior da distribuição dos dados históricos. Segundo um estudo de Campos *et al.* (2015), os eventos extremos de precipitação diária (EEPD) em Belém-Pará ocorreram com maior frequência no período de 1987 a 2009 nos anos influenciados pela ocorrência de *La Niña*, que favorece o aumento das chuvas na região.

A variação mensal mostrou que os EEPD e as respectivas notícias nos jornais da cidade foram maiores no período "mais chuvoso" (verão/outono austral). Os artigos jornalísticos indicaram que os bairros mais afetados pelos EEPD foram Cremação, Jurunas e Batista Campos, localizados na bacia hidrográfica da Travessa Quintino Bocaiúva, que apresenta baixa declividade e baixo índice de drenagem, favorecendo o acúmulo de água e os alagamentos. A falta de infraestrutura da cidade é a principal razão para as graves consequências dos EEPD (Campos *et al.*, 2015). Além dos alagamentos, os eventos extremos também provocaram congestionamentos no trânsito, quedas de árvores, destelhamentos e descargas atmosféricas, que causaram danos materiais e humanos.

Um levantamento realizado pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) destacou a simultaneidade de episódios climáticos extremos devido à chuva intensa no Norte, Sudeste e partes do Centro-Oeste, e à seca no Sul e partes do Nordeste, no início do verão brasileiro. Segundo o CEMADEN, entre 1º de dezembro de 2020 e 31 de janeiro de 2021, foram registrados 1.032 eventos extremos relacionados à chuva intensa em todo o país, sendo que 40% ocorreram em Minas Gerais. No Norte, o estado do Pará teve 38 eventos extremos relacionados à chuva intensa nesse período (Cemaden, 2021).

Outro ponto que deve ser considerado é quanto ao movimento das marés, um fenômeno natural que resulta da atração gravitacional entre a Terra, a Lua e o Sol. As marés podem variar em altura e frequência dependendo da posição relativa desses astros, da latitude, da profundidade e da forma da costa (Silveira, 2003). Em Belém, localizada na Baía do Guajará, a cerca de 120 km do Oceano Atlântico, as marés têm uma grande influência sobre o nível das águas dos rios e igarapés que cortam a cidade. As marés mais altas ocorrem geralmente nos meses de março e abril, quando o Sol passa pelo plano do equador terrestre e se alinha com a Lua, aumentando a força de atração sobre as águas. Nesses períodos, as marés podem atingir mais de 3,5 metros em Belém, enquanto a média local é de 1,81 metro. Quando as marés altas coincidem com as chuvas intensas, que são comuns na região amazônica, especialmente entre fevereiro e maio, o resultado é um aumento do volume de água nas vias urbanas e uma dificuldade de escoamento pela rede de drenagem. Isso provoca alagamentos graves em vários

pontos da cidade, causando transtornos para os moradores, comerciantes e motoristas. Abaixo algumas notícias veiculadas na imprensa:

Figura 1 - Temporal provoca alagamentos e destelha casas em Belém.



Fonte: Temporal... (2022).

Figura 2 - Chuvas com marés altas começam a partir do dia 19 de março no Pará



Fonte: Chuvas ... (2023).

Figura 3 - Belém terá semana inteira com marés mais elevadas e risco de alagamentos graves.



Fonte: Belém... (2023).

Assim o estudo, monitoramento e emissão e alertas sobre eventos extremos de chuva como os acontecidos em Belém é de extrema importância objetivos deste trabalho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área do estudo

O presente estudo foi realizado na cidade de Belém, a capital do estado do Pará, que está inserido na porção nordeste do estado do Pará, distante 120 km do mar e 160 km da linha do Equador, e faz divisas ao sul com o rio Guamá, a Leste com o município de Ananindeua, ao oeste com a Baía do Guajará, e ao norte com a Baía de Santo Antônio. A cidade é banhada pelos rios Guamá e Pará, e pela Baía do Guajará, que são as entradas pela via fluvial, e o acesso e saída pela via terrestre da cidade são feitos pela Rodovia BR-316. Belém é uma das metrópoles brasileiras, sendo a maior cidade da Região Norte. Sua região metropolitana - RMB é composta por 8 municípios (Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará, Castanhal e Barcarena) e totaliza 2.370.545 habitantes, sendo que a maioria da população reside em zonas urbanas.

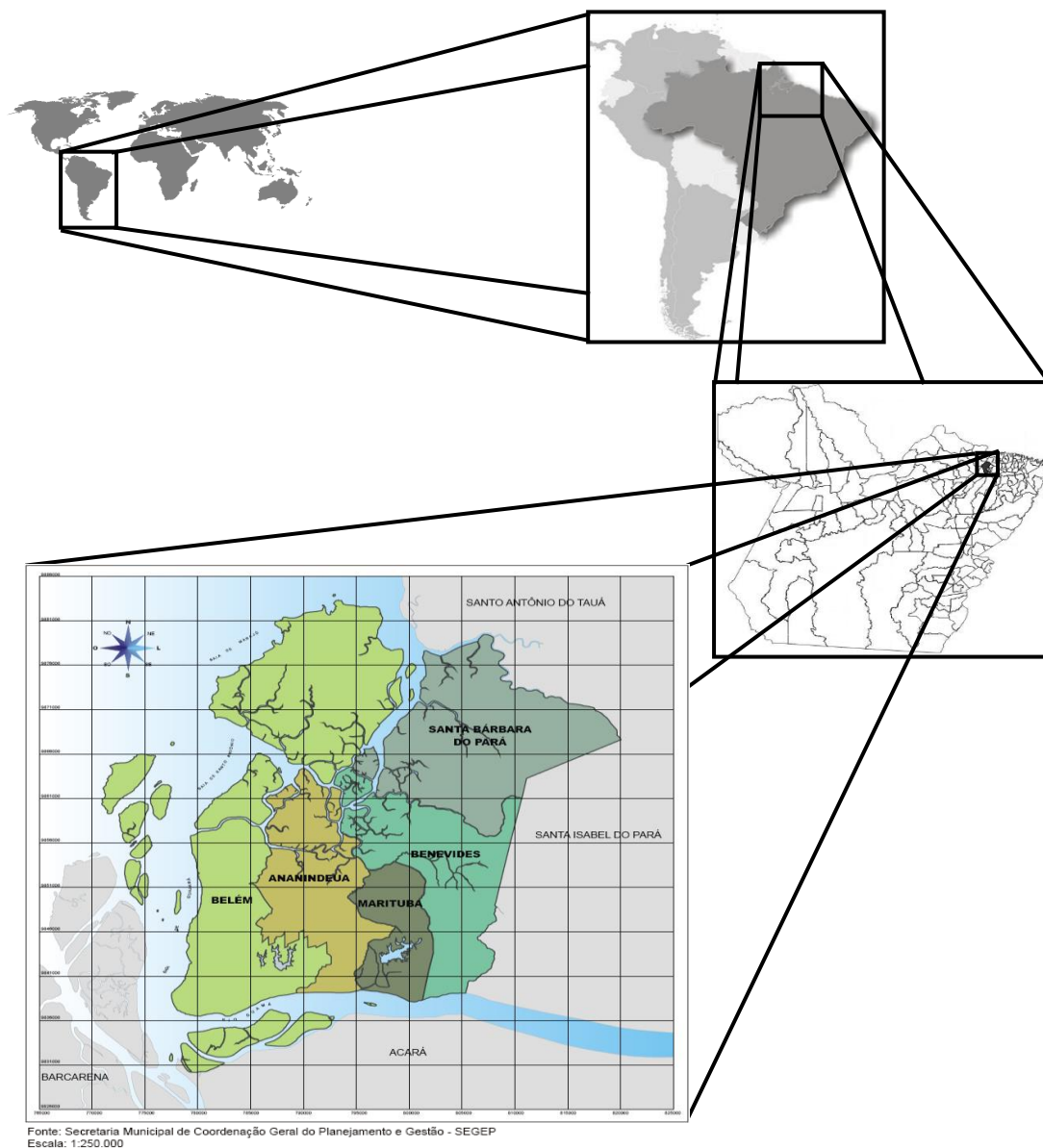
A cidade de Belém possui uma população estimada para 2024 de 1.398.531 habitantes (Ibge, 2024), com uma área territorial de 1.059,46 km², sendo 34,6% do território formado pela região continental e 65,4% correspondendo ao conjunto de 39 ilhas (Figura 04), estando sob a influência do regime de marés, com uma altitude média de 10 metros acima do nível médio do mar, e possui um relevo predominantemente plano, com 60 % de sua área abaixo da cota de 4 metros em relação ao nível médio do mar (Costa, 1998).

O município de Belém apresenta 36,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), 59,9% de domicílios conectados com a rede esgotamento sanitário, com 57,2% da população residindo em Favelas e Comunidades Urbanas, que se define como áreas urbanas onde se encontram habitações, em geral, caracterizadas por um padrão urbanístico irregular, com carência de serviços públicos primordiais e localização em áreas normalmente inadequadas para ocupação (Ibge, 2022).

O clima da cidade de Belém é do tipo *tropical chuvoso de monção*, segundo a classificação de Köppen (1900-1936), sendo do tipo “Am”, com uma temperatura do ar média anual de $26,0 \pm 0,4$ °C e pluviosidade anual de $2.858,7 \pm 76,6$ mm/ano com maior volume no período chuvoso (dezembro a maio), correspondendo a 71,2% do total anual, enquanto os 28,8% restantes são distribuídos nos meses de junho a novembro (Silva Junior *et al.*, 2011).

O clima da cidade é influenciado por alguns sistemas atmosféricos que atuam na região e produzem grandes volumes de precipitação pluvial e modulam o clima no local. Os principais sistemas sinóticos atuantes na região que influenciam na precipitação são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), os Ventos Alísios, as Linhas de Instabilidades (LI), os Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN), as Ondas de Leste (OL), os Sistemas de Brisas Marítimas, além da influência grande influência dos efeitos oceânicos que podem potencializar ou minimizar os volumes pluviais na cidade (Molion, 1987; Fisch, *et al.*, 1996, 1998; Silva, 2024).

Figura 4 – Localização geográfica de Cidade de Belém, PA.



Fonte: Do autor.

Segundo a PMB (2019), a cidade de Belém conta com quatorze bacias hidrográficas, com a maior parte da área continental abaixo da cota de 4 metros, ficando vulneráveis a inundações intermitentes ou permanentes, aos efeitos da maré e da precipitação pluvial.

O presente estudo possui uma abordagem quantitativa e qualitativa dos dados coletados, sendo os dados quantitativos oriundos das estações meteorológicas convencional e automática e da medição do nível da maré. Já os dados qualitativos serão obtidos por meio de buscas na internet e de registros das ocorrências de alagamentos na cidade “*in situ*”.

4.2 Procedimentos de coleta e análise dos dados

No presente estudo foram utilizadas informações de múltiplas fontes, sendo elas: dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (base de dados de arruamentos), do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (precipitação pluvial), da Marinha do Brasil (nível da maré); da National Aeronautics and Space Administration – NASA (modelo digital de elevação do terreno).

Os dados de pluviosidade utilizados na presente pesquisa são oriundos das estações Meteorológicas convencional e automática do Instituto Nacional de Meteorologia, onde os registros na estação convencional ocorreram nos horários sinóticos e na estação automática, os registros horários. Os dados da estação meteorológica convencional do INMET são de 1967 a 2023 e da automática de 2003 a 2023, com o recorte temporal para a análise de 2010 a 2023 para comparação com o nível da maré. As informações referentes ao nível da maré foram obtidas junto a Marinha do Brasil, com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), com registros horários.

Os registros históricos de alagamentos foram obtidos junto por meio de registros oficiais (CEMADEN), das notícias publicadas em jornais e sites locais referentes às ocorrências de eventos e problemas causados pelos alagamentos, sejam eles provocados pela chuva e/ou pela maré alta. Observações *in loco* dos pontos de alagamento também foram utilizadas na pesquisa. As análises serão realizadas com ferramentas estatísticas, com auxílio de planilhas eletrônicas, QGis para processamento dos mapas e demais softwares específicos.

A caracterização da precipitação pluvial foi realizada com base nos dados meteorológicos de duas estações meteorológicas, sendo uma estação automática (estação A201) com registros horários e a outra estação do tipo convencional (estação 82191), ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde as mesmas seguem as

diretrizes e padronizações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) na questão da instrumentação e das medições.

Com a série de dados devidamente processada nas planilhas eletrônicas, se realizou a distribuição de frequência dos eventos de precipitação de duas maneiras: a primeira foram criadas classes a intervalos a cada 10 mm, de 0,1 a 90 mm, em intervalos a cada 10 mm, e eventos acima de 90 mm, sendo separados os registros sem precipitação (0,0 mm), e a para a segunda distribuição de frequência foi utilizada a metodologia da Organização Meteorológica Mundial para classificação de eventos extremos de precipitação.

Segundo a OMM (2016), a precipitação pode ser classificada de acordo com a sua intensidade, onde os eventos de precipitação inferiores a 2,5 mm/h são classificados como leve; eventos de precipitação maiores ou iguais a 2,5 mm/h até valores menores que 10,0 mm/h são classificados como moderados; os eventos de precipitação maiores ou iguais a 10,0 mm/h até valores menores que 50,0 mm/h são classificados como fortes e eventos de precipitação maiores ou iguais a 50 mm/h são classificados como violentos.

Os limiares de alerta para as bacias hidrográficas foram obtidos com base na cota das bacias, os registros das ocorrências de alagamentos e o nível da maré. Nas áreas com cotas abaixo de 3,7m (áreas mais vulneráveis naturalmente) o limiar de alerta é o próprio nível da maré, e com a ocorrência de eventos de precipitação pluvial, principalmente, acima de 10 mm os efeitos dos alagamentos são evidentes, sendo as áreas com a presença de canais as mais vulneráveis.

Nas demais áreas acima de 3,7m foram levados em consideração o nível da maré e o volume da precipitação pluvial, para determinar o limiar de alerta, onde os registros das ocorrências de alagamentos foram utilizados para confirmar os episódios de alagamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Registro das ocorrências de alagamentos

Na Tabela 1 temos os alguns registros das ocorrências de alagamentos ocorridas na cidade de Belém-PA, o nível da maré e a respectiva precipitação acumulada durante o evento. As ocorrências dos alagamentos na área de estudo são oriundas do efeito da precipitação pluvial, do nível da maré ou de ambos ao mesmo tempo. Dessa forma, a análise deste tipo de desastre natural não pode ser analisada de forma individual, onde o fator geográfico também precisa se levado em consideração, pois uma grande parte da superfície da cidade encontra-se abaixo da cota de 4,0 metros.

Na figura 05 temos os registros de alagamentos por bacia hidrográfica na cidade de Belém que foram levantados. Verificou-se que as Bacias da Estrada Nova e do Una, tiveram 35% e 22% dos registros de alagamentos levantados no decorrer da pesquisa, totalizando 57% dos eventos, seguidos dos registros nas bacias do Reduto (12%), Murucutum e Tucunduba com (8% cada) e as demais bacias com 15%.

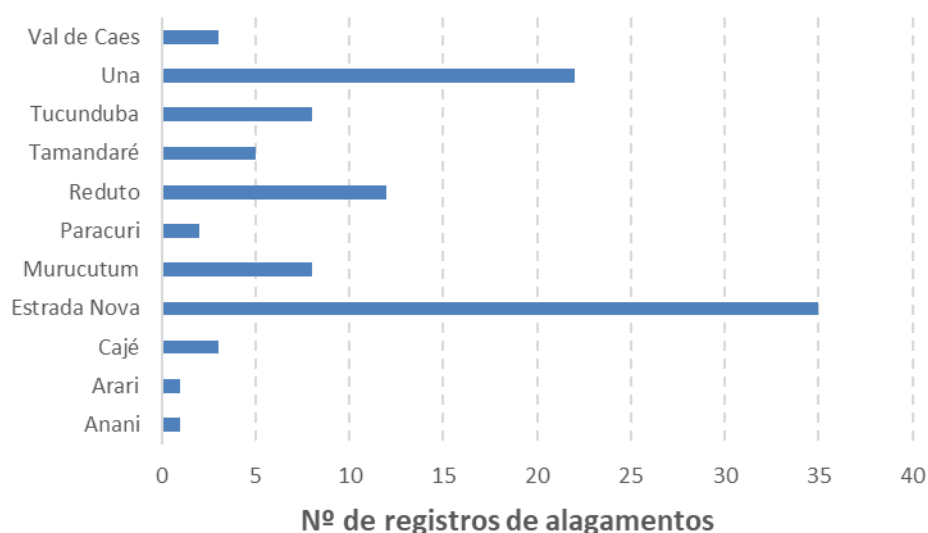
Segundo Costa *et al.* (2021), as bacias hidrográficas da Estrada Nova e do Tucunduba são as mais populosas de Belém, com aproximadamente 206 mil hab./ha e 156 mil hab./ha, respectivamente, enquanto as bacias do Cajé, do Una, do Reduto e da Tamandaré, apresentam uma população estimada entre 78 mil hab./ha e 154 mil hab./ha. As bacias de Val-de-Cães, Ariri, mata Fome e Paracuri possuem uma densidade populacional de entre 43 mil hab./ha e 78 mil hab./ha. As bacias do Anani, Murucutum e Outeiro possuem uma densidade populacional entre 13 mil hab./ha e 43 mil hab./ha, e a com menor densidade populacional é a bacia do Aurá que possui entre 5 e 13 mil hab./ha.

Segundo Almeida *et al.* (2004) a bacia do Tucunduba ocupa uma área total de 10,55 km², onde, 54,5% dessa área é alagável e 45,50% são áreas não alagáveis. Por se uma das bacias mais populosas da cidade de Belém com 54,5%. Já a bacia da Estrada Nova, conforme o plano diretor do sistema de esgotamento sanitário da RMB, a bacia possui 72,7% de sua área classificada como alagável, sendo formada por uma ampla planície com baixas declividades e pouca alteração de cotas altimétricas, sendo as mesmas normalmente inferiores a 4,0 m (Belém, 2008),

O maior número de eventos levantados durante a pesquisa foi na bacia da estrada nova, a mais densamente habitada, o que propicia um maior impacto na população que lá habita, e por

boa parte da bacia estar em áreas com cotas mais baixas, assim como, na bacia do Tucunduba que é densamente povoada, mas devido os registros observacionais serem mais complexos devido a dinâmica do local, os mesmos foram poucos.

Figura 5 – Número de eventos de alagamentos pesquisados por bacia hidrográfica.



Fonte: Do autor.

Tabela 1 - Registros de algumas ocorrências de alagamentos ocorridos na cidade de Belém-PA, com a respectiva cota da maré e a precipitação acumulada durante o evento.

Data	Precipitação (mm)	Nível da Maré (m)	Data	Precipitação (mm)	Nível da Maré (m)
25/01/2010	43,9	2,5	02/03/2014	15,0	3,2
03/04/2010	19,5	3,3	02/04/2014	28,2	1,1
18/01/2011	45,7	3,3	16/12/2014	19,0	1,1
22/01/2011	109,5	2,7	27/01/2015	25,6	2,8
18/02/2011	134,1	2,9	05/03/2015	18,3	2,8
13/04/2011	37,6	2,9	14/04/2015	12,4	0,8
19/04/2011	0,0	3,6	18/04/2015	14,9	0,4
15/05/2011	0,0	3,4	03/08/2015	32,7	0,3
08/07/2012	42,0	2,8	27/05/2016	100,0	0,7
31/12/2012	7,3	2,8	17/06/2016	56,4	0,7
07/01/2013	45,9	3,1	30/11/2016	37,5	2,9

19/03/2013	16,0	2,4	13/02/2017	36,4	3,3
20/03/2013	22,6	2,4	07/03/2017	19,8	2,7
06/04/2013	35,5	1,1	19/12/2017	25,2	1,3
03/05/2013	35,1	1,6	28/12/2017	33,0	1,8
05/11/2013	69,8	0,6	18/01/2018	7,8	3,0

Fonte: Do autor.

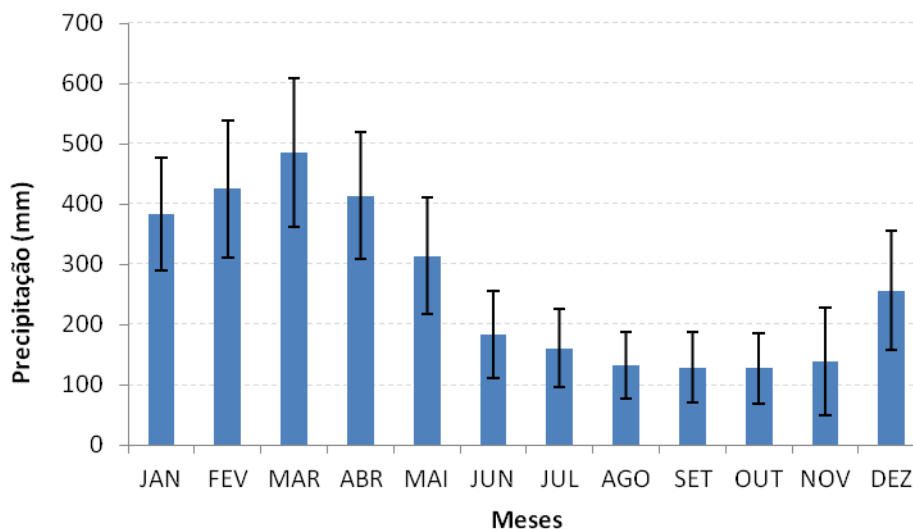
5.2 Caracterização dos eventos de precipitação na área de estudo

A precipitação pluvial na cidade de Belém, em média, é bem distribuída no decorrer de todos os meses do ano (Figura 06), com um maior volume acumulado entre os meses de dezembro a maio, correspondendo a 72,4% (2.277,5 mm) da média anual (1963 a 2023) que é de 3.146,7 mm (Figura 07), e no período dos meses de junho a novembro ocorre o restante da precipitação, com 869,2 mm (27,6%) em média, sendo os referidos valores são próximos aos encontrados por Silva Junior (2011). Na cidade de Belém, o período chuvoso é de dezembro a maio, enquanto, o período menos chuvoso de junho a novembro. O mês mais chuvoso da cidade é o mês de março, e o menos chuvoso o mês de outubro.

Ao se analisar a distribuição anual da precipitação pluvial (Figura 07) verificou-se que a maioria dos anos entre 2009 e 2021 tiveram volumes anuais acima da média histórica.

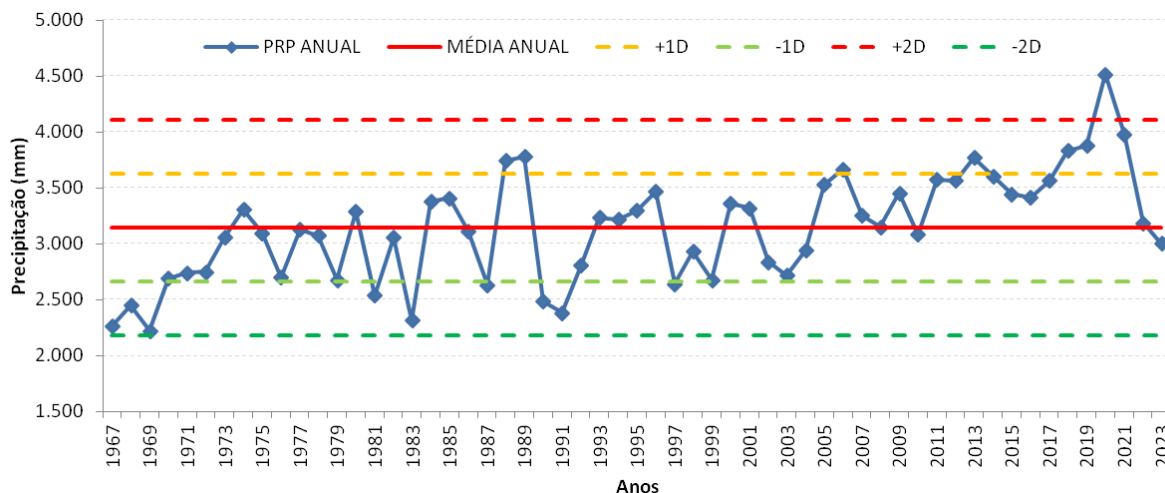
Observou-se que a precipitação anual de alguns anos extrapolou o desvio padrão, indicando anormalidade no volume de precipitação nesses referidos anos, sendo o ano de 2020 mais atípico por extrapolar duas vezes o desvio padrão, indicando que foi um ano muito atípico com a ocorrência de muita precipitação na cidade. No período de agosto de 2020 a junho de 2021 e agosto de 2021 a janeiro de 2023 ocorreu o evento *La Niña* associado com contribuições oceânicas favoráveis, o que propiciou um volume de precipitação muito acima da média histórica para o referido período na cidade de Belém.

Figura 6 – Distribuição da precipitação pluvial média mensal no período de 1967 a 2023, com seus respectivos desvios padrões.



Fonte: Do autor.

Figura 7 – Distribuição da precipitação pluvial anual no período de 1967 a 2023, a média do período.

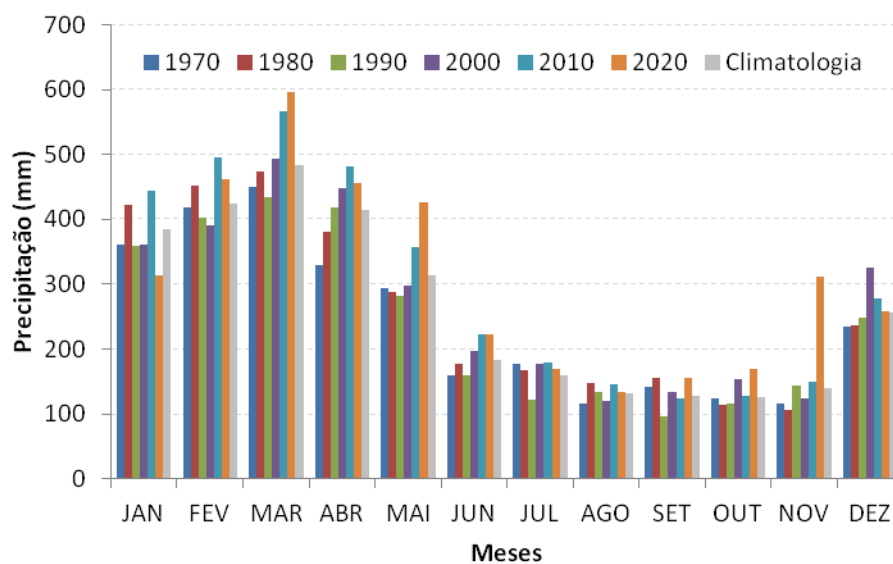


Fonte: Do autor.

Ao analisar separadamente a distribuição da precipitação pluvial média mensal nos períodos de 1970-1979(a), 1980-1989(b), 1990-1999 (c), 2000-2009 (d), 2010-2019(e) e de 2020-2023 (Figuras 08 e 09), pode-se verificar que a precipitação pluvial média das décadas de 1970, 1980 e 1990, foram inferiores a climatologia, e nas décadas de 2000, 2010 e de 2020 a 2023, a precipitação pluvial média foi acima da climatologia, indicando um ligeiro aumento da pluviosidade média anual para essas últimas décadas para a cidade de Belém, o que potencializa

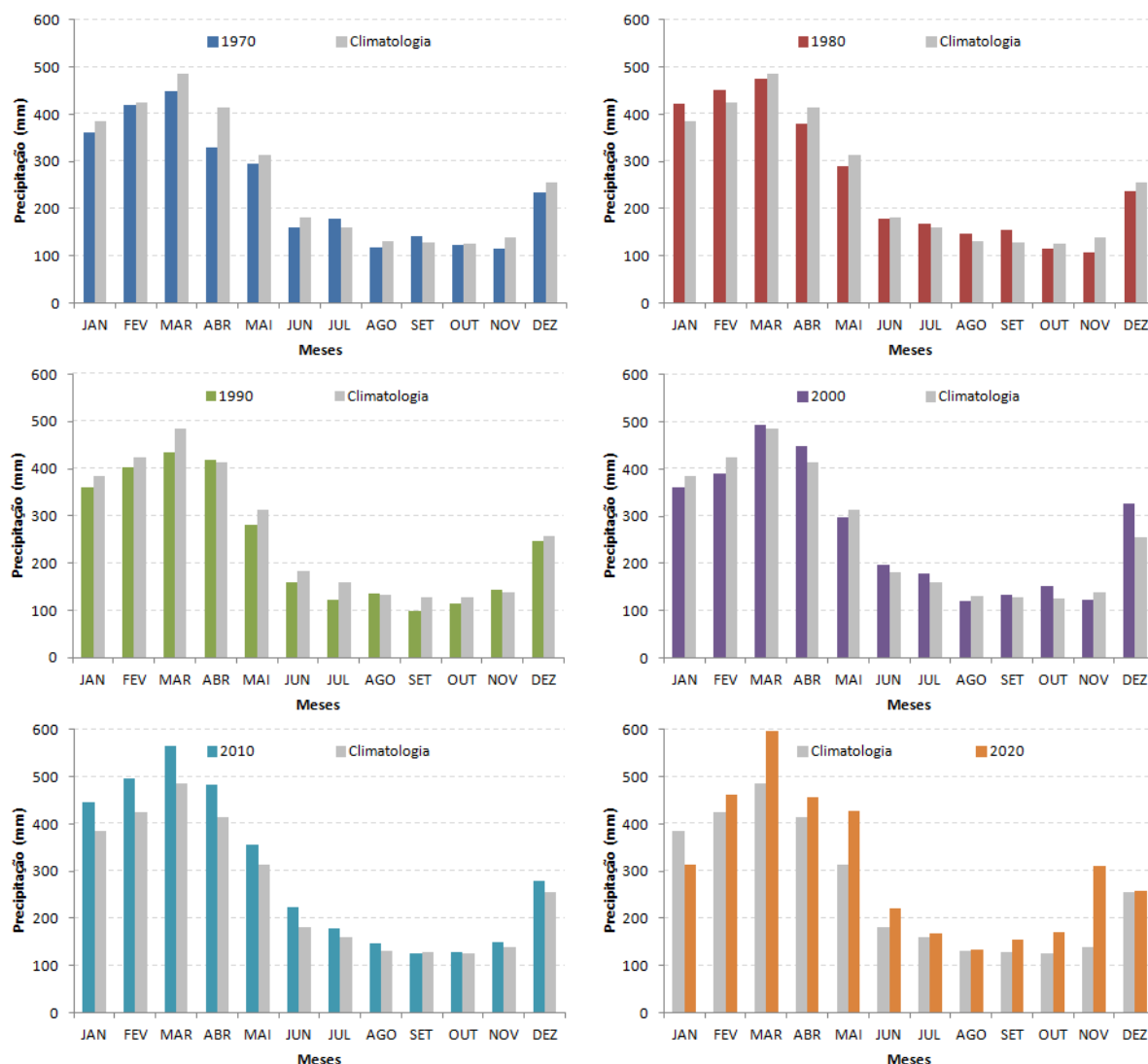
a ocorrência de alagamentos nas localidades mais vulneráveis geograficamente para alagamentos.

Figura 8 – Distribuição da precipitação pluvial média mensal no período de 1967 a 2023, a cada 10 anos e a climatologia.



Fonte: Do autor.

Figura 9 – Distribuição da precipitação pluvial média mensal nos períodos de 1970-1979(a), 1980-1989(b), 1990-1999 (c), 2000-2009 (d), 2010-2019(e) e de 2020-2023.



Fonte: Do autor.

Ao se analisar a distribuição de frequências dos eventos horários de precipitação (Tabela 2) verificamos o aumento dos registros dos eventos violentos no período entre 2018 e 2023, os quais gerem prejuízos a população devido ao grande volume de água precipitada em um curto intervalo temporal. A precipitação pluvial ocorrida em tais eventos está associada a nuvens de grande desenvolvimento vertical, do tipo cumulonimbus, as quais também estão associadas a fortes ventos que propiciam a ocorrência outros tipos de desastres como a queda de árvores, destelhamento de edificações e interrupção do abastecimento elétrico.

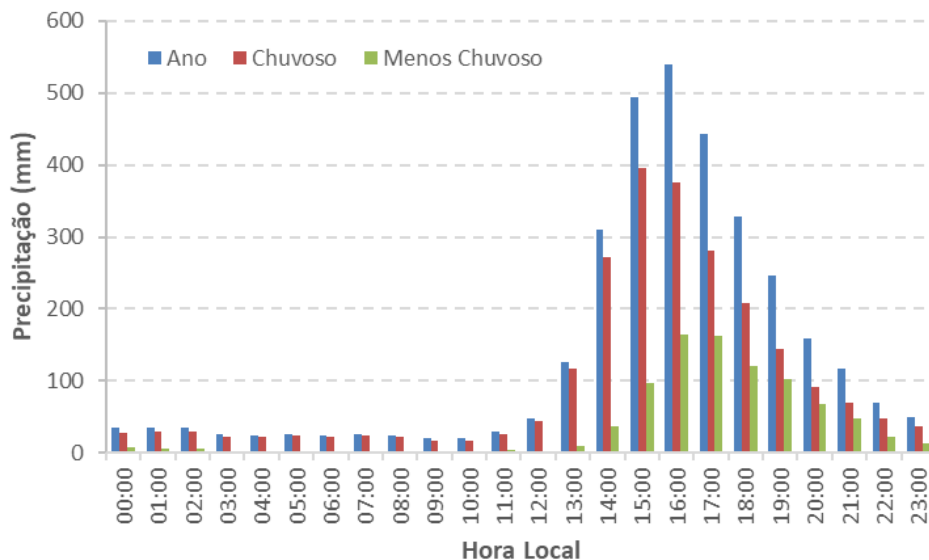
Tabela 2 – Distribuição das frequências relativas dos eventos de precipitação com base na classificação proposta pela OMM.

Classes (mm/h)	Classificação Evento	do	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0,1 a 2,5	Leve		527	654	555	544	619	532	576
2,5 a 10	Moderado		146	169	179	167	184	145	168
10 a 50	Forte		57	69	74	62	76	66	56
PRP > 50	Violento		0	0	0	0	0	1	0
Classes (mm/h)	Classificação Evento	do	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0,1 a 2,5	Leve		557	548	640	571	613	638	520
2,5 a 10	Moderado		164	179	203	187	192	151	128
10 a 50	Forte		74	89	86	85	97	81	67
PRP > 50	Violento		0	2	2	3	2	1	1

Fonte: Do autor.

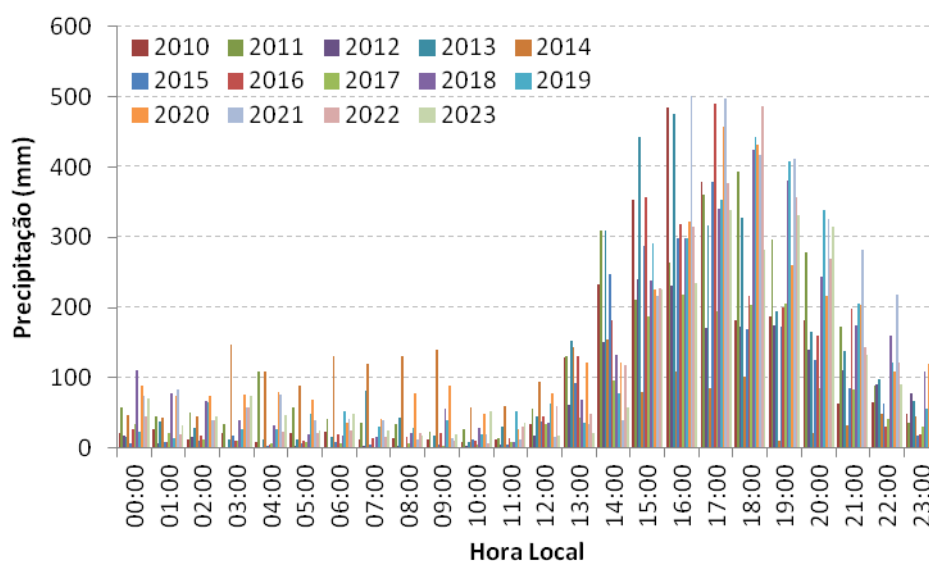
Na Figura 10 temos a variabilidade média horária da precipitação anual para a cidade de Belém, durante o período do estudo. Na Figura 11 temos a variabilidade média horária da precipitação para cada ano estudado, para a cidade de Belém. Observou-se, tanto na média anual quando nos anos individualmente, que a ocorrência da maior parte da precipitação, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso ocorrem no período da tarde para a noite, caracterizando a precipitação principalmente como convectiva, oriunda do aquecimento da superfície no decorrer da manhã e da tarde, No período chuvoso a precipitação aumenta a partir das 12 horas, com registros no decorrer da madrugada, enquanto que no período menos chuvoso esse aumento ocorre as 14 horas reduzindo entorno das 23 horas, com poucos eventos ocorrendo durante a madrugada.

Figura 10 - Variabilidade média horária anual, do período chuvoso e menos chuvoso para Belém no período de 2003 a 2023.



Fonte: Do autor.

Figura 11 – Variabilidade média horária da precipitação anual para a cidade de Belém, durante o período do estudo.



Fonte: Do autor.

Ao se realizar a distribuição de frequência dos eventos de precipitação diários do período de 1963 a 2023 (Tabela 03), a maior parte dos eventos de precipitação ocorrida foi no intervalo de 0,1 mm a 10 mm, como se era de esperar, e também foram registrados eventos de precipitação acima de 170,0 mm por dia, o que é uma grande quantidade de água precipitada para ser drenada, o que equivale a 170 litros de água para cada metro quadrado da cidade.

Ao se repetir a análise da distribuição de frequência com os registros horários de precipitação da estação automática do INMET (Tabela 04), verificou-se que a maior parte dos eventos registrados foram entre 0,1mm e 10,0 mm, com registros menos frequentes de volumes maiores de precipitação, que são os mais danosos para a estrutura urbana, trazendo riscos para as populações mais vulneráveis e que habitam as áreas com as cotas mais baixas da cidade.

Ao se aplicar a metodologia proposta pela Organização Meteorológica Mundial, para classificação da intensidade dos eventos de precipitação registrados de 2003 a 2023 em milímetro por hora, (Tabela 05), temos que 9,3% dos eventos foram classificados como fortes ou violentos, sendo esses eventos que mais provocam prejuízos população, principalmente, quando ocorrem junto com a maré subindo ou a maré alta. Os eventos classificados como “Leve” corresponderam a 69,9% dos registros, sendo os mais frequentes e que possuem o menor potencial a causar danos para a população. Os eventos fortes e violentos, pela taxa de precipitação, podem-se dizer que eles são em sua maioria oriundos de nuvens convectivas.

Tabela 03 – Distribuição da frequência relativa da precipitação diária da estação convencional da Belém no período de 1967 a 2023.

Classes de frequência (mm/dia)	Nº de Ocorrências
0,0	40.362
0,1 a 10,0	19.009
10,1 a 20,0	3.718
20,1 a 30,0	1.377
30,1 a 40,0	629
40,1 a 50,0	285
50,1 a 60,0	128
60,1 a 70,0	76
70,1 a 80,0	34
90,1 a 100,0	12
100,1 a 110,0	4
110,1 a 120,0	4
120,1 a 130,0	3
130,1 a 140,0	2

140,1 a 150,0	0
150,1 a 160,0	1
160,1 a 170,0	1
170,1 a 180,0	1
Acima de 190,0	0

Fonte: Do autor.

Tabela 04 – Distribuição da frequência relativa da precipitação horária da estação meteorológica automática (A201) do INMET, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2023.

Classes de frequência (mm/h)	Nº de Ocorrências
0,1 a 10	18.672
10,1 a 20	1.316
20,1 a 30	407
30,1 a 40	132
40,1 a 50	47
50,1 a 60	13
60,1 a 70	2

Fonte: Do autor.

Tabela 05 – Classificação da intensidade da Precipitação pluvial, segundo os critérios da OMM, para o período de 2003 a 2023, da estação A201 do INMET.

Intensidade da Precipitação (mm/h)	Nº de eventos	Classificação do evento
0,1 < PRP < 2,5 mm/h	14.393 (69,9%)	Leve
2,5 < PRP < 10,0 mm/h	4.279 (20,8%)	Moderado
10,0 < P < 50,0 mm/h	1.902 (9,2%)	Forte
P > 50,0 mm/h	17 (0,1%)	Violento

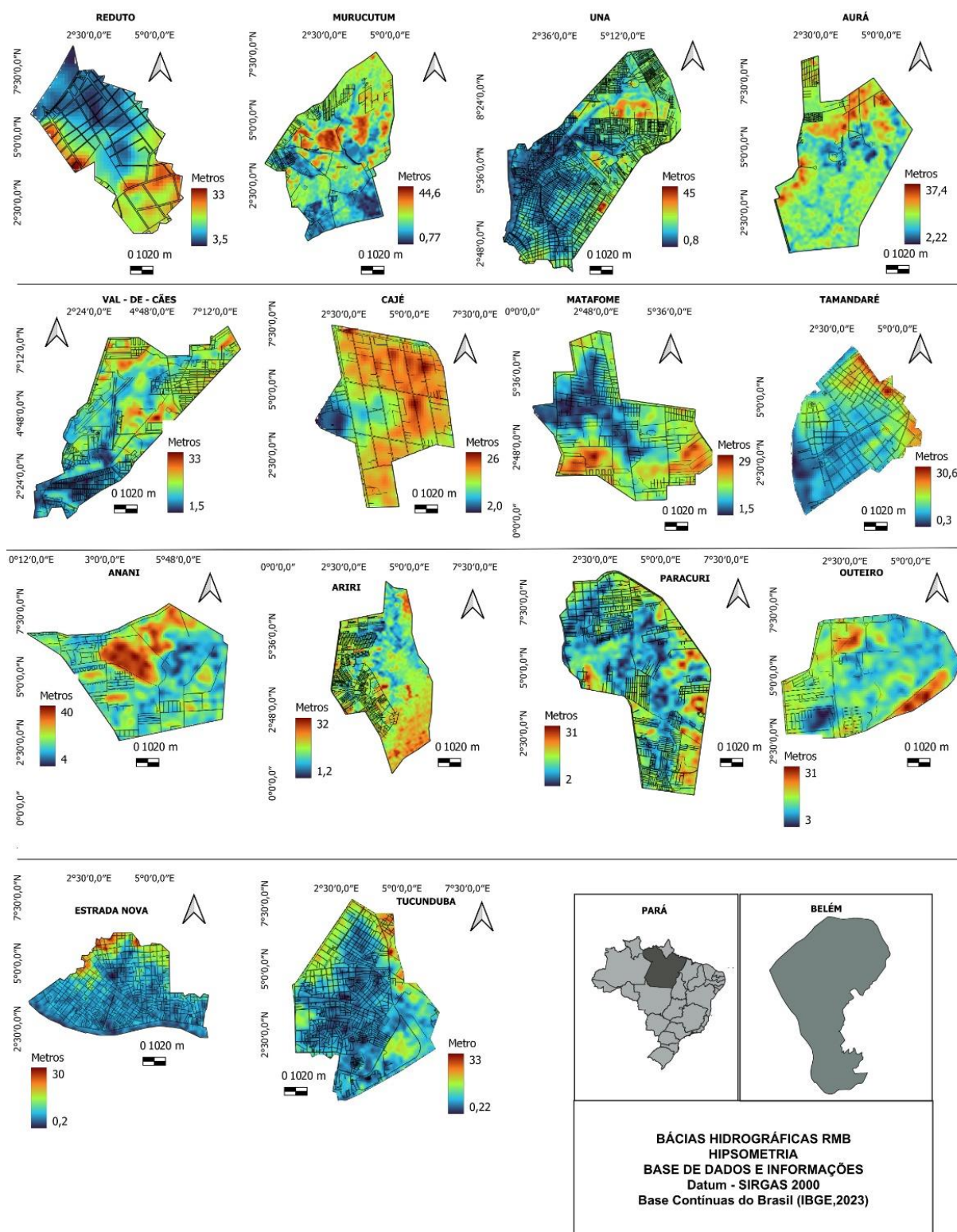
Fonte: Do autor.

Ao se analisar a série temporal do nível da maré do ano de 2010 a 2023, verificou-se que em média o nível médio da maré (NMM) foi de 1,80 m, com valores máximo e mínimo registrados de 3,7 m e -0,2 m, respectivamente.

Com base na hipsometria das bacias hidrográficas da cidade de Belém (Figura 12), a população residente nas áreas com cotas abaixo de 3,7 m habita uma região susceptível a alagamentos por efeitos apenas das marés altas, onde qualquer volume de precipitação culminando com a maré alta potencializa os danos e perdas materiais, onde essas áreas estão representadas pelas cores na tonalidade azul escuro.

Ao se avaliar a relação entre as cotas das bacias hidrográficas e os registros de alagamentos levantados durante essa pesquisa, verificou-se que as bacias mais povoadas e com as cotas mais baixas houve a maior quantidade de registros de alagamentos noticiados nos meios de comunicação. As bacias da Estrada Nova e do Tucunduba possuem as menores cotas, variando entre 0,2 m a 30,7 m (Estrada Nova, 35 ocorrências) e 0,2 m e 33,3 m (Tucunduba, 08 ocorrências), seguidas pelas bacias da Tamandaré (cotas entre 0,3 m e 30,6 m) do Reduto (cotas entre 0,5 m e 32,9 m) e bacia do Una (cotas entre 0,8 m e 45,1 m), onde houveram 05, 12 e 22 registros de alagamentos pesquisados, respectivamente. É fato que ocorre um sub-registro dos eventos de alagamento, que provavelmente está relacionado a frequência das ocorrências de alagamentos já serem rotineiras para a população, apesar dos dados provocados, merecendo destaques apenas os eventos mais intensos.

Figura 12 – Hipsometria das bacias hidrográficas da cidade de Belém.



Fonte: Do autor.

Pela relação entre o volume de água e o registro pluviométrico, que diz que 1 litro por metro quadrado de água corresponde a 1 mm de precipitação, entorno de 90,7% dos registros

de precipitação estão entre 0,1 mm/h e 10 mm/h, onde 10 mm/h de precipitação nas bacias da Estrada Nova, do Reduto, do Tucunduba, e do Una, implica em um volume de 95.000 m³, de 9.600 m³, de 105.000 m³ e de 366.400 m³, respectivamente, nas bacias. Dessa forma uma precipitação. Dessa forma, um evento pluviométrico extremo de 50 mm/h na bacia da Estrada Nova vai corresponder a 477 mil m³, o qual a drenagem não está devidamente apta a receber tamanho volume de água em um intervalo temporal tão curto, ficando essa situação evidente no cotidiano, onde precipitações com volumes menores já provocam alagamentos em diversos pontos da bacia.

Nas áreas com cotas abaixo de 3,7m, o limiar de alerta para a ocorrência de alagamento é o próprio nível da maré, sendo a maré alta o nível mais crítico, e nas cotas acima de 3,7 metros os alagamentos serão influenciados pelas condições operacionais da drenagem urbana, do nível da maré, que quando se encontra alto, age represando o lançamento as águas pluviais nos corpos hídricos e do volume precipitado, e também vai depender da geografia do local.

6 PRODUTO TÉCNICO

A pesquisa apresenta como produto técnico (em arquivo em anexo) uma cartografia das cotas das bacias hidrográficas da cidade de Belém, com o respectivo arruamento, assim como, traz uma estatística horária e diária de forma condensada dos registros pluviométricos, o que possibilita o planejamento de ações de intervenção na área urbana por parte do poder público. Este produto tem a finalidade de embasar profissionais, órgãos públicos, empreendedores e a população em geral, acerca das características locais, do volume de chuva, facilitando a identificação das áreas mais críticas da cidade com base na hipsometria e pluviosidade, dando subsídios para a tomada de decisões mediante a previsão do tempo e os alertas de maré e a possibilidade da ocorrência de alagamentos, com esses eventos isolados ou conjuntamente.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou promover uma análise acerca das ocorrências de alagamentos na cidade de Belém.

As áreas mais vulneráveis aos alagamentos são as áreas com cotas abaixo de 3,7 metros e mais impermeabilizadas, tendo também alguns pontos críticos na cidade, devido a problemas na drenagem urbana (inoperância ou subdimensionamento). As bacias com mais notificações de alagamentos foram a da Estrada Nova, do Uma e do Reduto, sendo a bacia da Estrada Nova umas das mais populosas e vulneráveis na cidade. A bacia do Tucunduba também merece a devida atenção, devido as menores cotas registradas e suas características socioambientais.

Nas áreas mais vulneráveis a alagamentos com cotas inferiores a 3,7m, eventos rápidos de precipitação pluvial com volumes acima de 10,0 mm já propiciam a ocorrência de alagamentos, e nas demais áreas acima da cota de 3,7m, os eventos rápidos de precipitação pluvial acima de 30 mm já são suficientes para causar os alagamentos.

Foi verificado que o regime pluvial da cidade de Belém vem mudando nas últimas décadas com o aumento da pluviosidade, onde as décadas de 2000 a 2020 a pluviosidade na cidade aumentou, quando comparado com as 1970 a 1990. Ao avaliar a classificação dos eventos pluviais com base nas classes de intensidade propostas pela OMM foi verificado que os registros de eventos violentos acima de 50 mm por hora aumentaram do ano de 2018 até 2021.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. M.; MATTA, M. A. S.; DIAS, E. R.F.; BANDEIRA, I. C. N.; PRADO, J. B.do; FIGUEIREDO, A. B. Estudos hidrogeológicos da bacia hidrográfica do Tucunduba-Belém/PA, como base para uma proposta alternativa de abastecimento de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá,MT. **Anais[...]**. Cuiabá,MT: ABAS, 2004. p. 1-17. Disponível em: aguassubterraneas.abas.org. Acesso em: 28/08/2024.
- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, p. 423 - 434, 2012.
- BELÉM terá semana inteira com marés mais elevadas e risco de alagamentos graves. **Pará | G1**. 2023. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/belem-tera-semana-inteira-com-mares-mais-elevadas-e-risco-de-alagamentos-graves-confira-1.659090>. Acesso em: 28/08/2024.
- BELÉM. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. Decretos e Leis Municipais. **Lei ordinária n.º 8.655**, de 13 de janeiro de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, 2008.
- BRYANT, L.; CARVER, L.; BUTLER, C. D.; ANAGE, A. Climate change and family planning: least-developed countries define the agenda. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 87, p. 852-857, 2009.
- CAMPOS, T.; MOTA, M.A.S.; SANTOS, S.R.Q. Eventos extremos de precipitação em Belém-Pará: Uma revisão histórica de artigos jornalísticos. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n.3, p. 553-566, 2015.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 301p.
- CARVALHO, C.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília, DF: Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnologia, 2007.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS-CEMADEN. **Início do verão registra recorde no número de eventos extremos relacionados à chuva intensa em todo o país**. 2021. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/start-of-summer-in-brazil-sees-record-number-of-extreme-rain-events/37926/>. Acesso em: 03/07/2023.
- CORRÊA, R.L. A periodização da rede urbana da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 4, n. 3, p. 39-68, 1987.
- COSTA, A. C. L. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade Equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Belém - PA**. 1998. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - EESC-USP, São Carlos, SP, 1998.

COSTA, F. E. V.; SOARES, D. A. S.; BRASIL, A. P. M. S.; SILVA, S. L. B.; RODRIGUES, V.V.; CYRUS, A. C.; URBANO, F. W.; PEREIRA, S. C. O. N.; PAZ, M.M. A complexidade da questão dos rios urbanos nas cidades amazônicas: o caso de Belém/PA. In: RIBEIRO, W. de O.; BRASIL, A.de P.M.S.; COSTA, F.E.V. (org.). **Cidades Amazônicas** – formas, processos e dinâmicas recentes na região de influência de Belém. Belém: UEPA Editora, 2021. p.240-274.

CHUVAS Chuvas com marés altas começam a partir do dia 19 de março no Pará. **Pará | G1**. 2023. Disponível em: <https://www.oliberal.com/para/chuvas-com-mares-altas-comecam-a-partir-do-dia-19-de-marco-no-para-1.651518>. Acesso em: ?????

GUIMARÃES, N. A.; PENHA, J. W. Mapeamento das áreas de risco de inundação no município de Muriaé-MG, com a utilização de sistemas de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal, Brasil. **Anais[...]**. Natal, Brasil: INPE, 2009. p.3875-3882.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo demográfico 2010**: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática, 2011a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo demográfico**. 2020. Disponível em: <https://censo2020.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 jul. 2023.

LIMA, A.; FERREIRA, N.; SILVA, M. C. A. Dinâmica do hidroterritório da região Metropolitana de Belém (PA). **Research, Society and Development**., v.10. e25620514723, 2021. 10.33448/rsd-v10i5.14723.

MASSON, V.; LEMONSU, A.; HIDALGO, J.; VOOGT, J. Urban climates and climate change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 45, p. 411-444, 2020.

MOREIRA, E. Belém e sua expressão geográfica. In: MOREIRA, E. **Obras reunidas de Eidorfe Moreira**. Belém: CEJUP, 1989. v.1.

OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n.455, p.1-24, 1982.

OLIVEIRA, J. V.de; COHEN, J. C. P.; PIMENTEL, M.; TOURINHO, H. L. Z.; LÔBO, M. A.; SODRÉ, G.; ABDALA, A. Urban climate and environmental perception about climate change in Belém, Pará, Brazil. **Urban Climate**, v.31, e100579. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100579>.

OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA JÚNIOR, J.A.; CRUZ, P.P.N.; SOUZA FILHO, J.D. Climatologia urbana da cidade de Belém-Pará, através das precipitações e temperaturas do ar, das normais climatológicas de 1941 a 1970, 1971 a 2000 e da normal provisória de 2001 a 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.3, p.789-804, 2016. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233737/27295>.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), p.773, 2016.

PATHIRANA, A.; DENEKEW, H.B.; VEERBEEK, W.; ZEVENBERGEN, C.; BANDA, A.T. Impact of urban growth-driven landuse change on microclimate and extreme precipitation – a sensitivity study. **Atmospheric Research**, v.138, p. 59-72, 2014.

PENTEADO, Antônio Rocha. **Belém: estudo de geografia urbana**. Belém: UFPA, 1968. 1 v.

POMPÊO, A. C. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Santa Catarina, v. 5, n.1, p. 15-23, jan/mar, 2000.

RODRIGUES, E. B. **Aventura urbana: urbanização, trabalho e meio ambiente em Belém**. Belém: UFPA. NAEA, 1996. 281p.

SANTOS, Josiane Sarmiento dos. **Frequência de precipitação e impactos decorrentes associados à chuva na cidade de Belém-PA**. Orientadora: Maria Aurora Santos da Mota. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10987>.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS NETO, L. A. dos. **Variabilidade da precipitação horária em Porto Velho-RO e suas tendências anuais e sazonais**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (PGDRA), Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, 2014.

SARGES, Maria de Nazaré. Um outro olhar sobre a Paris dos trópicos. In: SOLER, Maria Angélica.; MATOS, Maria Izilda (org). **A cidade em debate**. São Paulo: Olho D'Água, 1999.

SILVA, J. A. **Alagamentos urbanos: causas, consequências e soluções**. São Paulo: Editora da Universidade. 2010.

SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; CARVALHO, S. P. Eventos de precipitação e alagamentos na cidade de Belém-PA. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 6., 2011, João Pessoa-PB. **Anais[...]**. João Pessoa-PB: , 2011. 4 p.

SILVEIRA, Fernando Lang. Marés, fases principais da lua e bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 20, n. 01, p.10-29, abr. 2003.

SOARES, P.P. de M. A.; CRUZ, S. H. R. A ecologia política das inundações urbanas na bacia do Una em Belém (PA). **Emancipação**, Ponta Grossa, v. 19, n. 1, p. 1-15, e10947. 2019.

SOUZA, E. B. *et al.* Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o REGCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009.

TEMPORAL provoca alagamentos e destelha casas em Belém. **Pará | G1**. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/08/31/chuva-forte-provoca-alagamentos-destelha-casas-e-caoa-prejuizos-em-belem.ghtml>. Acesso em: 28/08/2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH; Unesco; ANA; CPRM; IPH-UFRGS; Editora da UFRGS, 2006.

APÊNDICE A – Produto Técnico

MAPEAMENTO HIPSOMÉTRICO, ARRUAMENTOS E PLUVIOMETRIA DA CIDADE DE BELÉM-PA

IVALDO DE JESUS ALMEIDA BELÉM; JOÃO DE ATHAYDES SILVA JUNIOR

APRESENTAÇÃO

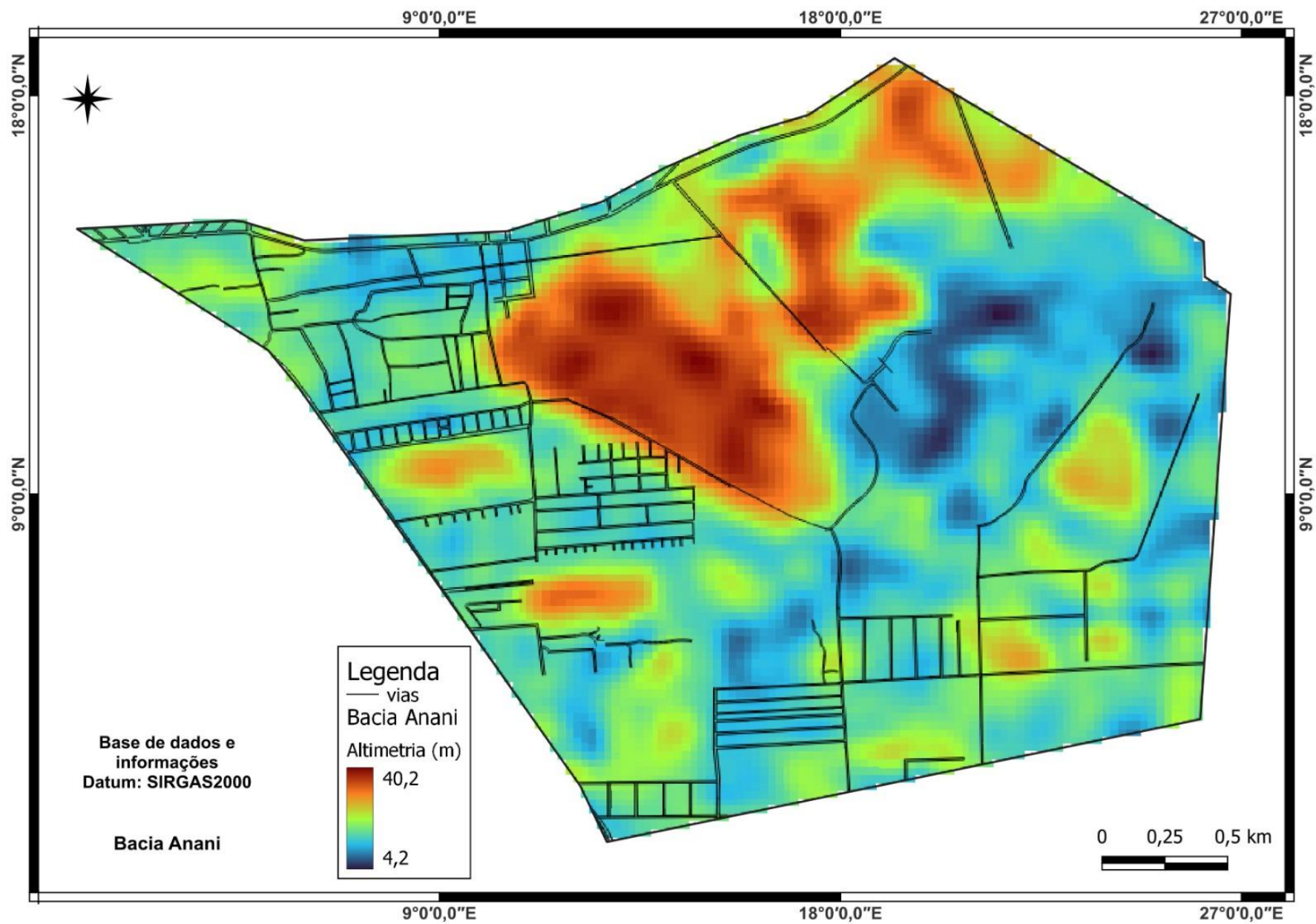
Os problemas de alagamentos em grandes cidades são frequentes e causam diversos transtornos para a população, como danos materiais, riscos à saúde e perda de vidas. Em Belém, capital do Pará, não é diferente, e nas últimas décadas, frequentemente a cidade vem sendo afetada por eventos de alagamentos, associados aos extremos de precipitação pluvial, e a ocorrência de alagamentos. O objetivo deste trabalho é identificar as áreas na cidade de Belém que possuem maiores riscos de alagamentos, propondo limiares de alerta com bases nas características geográficas e os eventos extremos de precipitação e nível da maré em Belém. Para isso foram utilizadas as ferramentas SIG (QGis, onde foram processadas informações de elevação, geoinformações das bacias hidrográficas e o arruamento dentro das bacias da cidade, assim como, também foram utilizados os registros pluviométricos, registros do nível da maré e de alagamentos reportados pela mídia local e observados pelos autores. Após o processamento dos dados foram confeccionados mapas hipsométricos (Mapas 01 a 14) e tabelas com a categorização dos eventos pluviais horários e diários. As tabelas com as distribuições de frequência dos eventos de precipitação podem auxiliar a tomada de decisões para o planejamento da drenagem urbana.

Para obter mais detalhes do produto técnico procure a dissertação “ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL DA MARÉ NA CIDADE DE BELÉM: ESTRATÉGIAS PARA CRIAÇÃO DE LIMIARES DE ALERTA PARA ALAGAMENTOS” defendida no ano de 2024, 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.

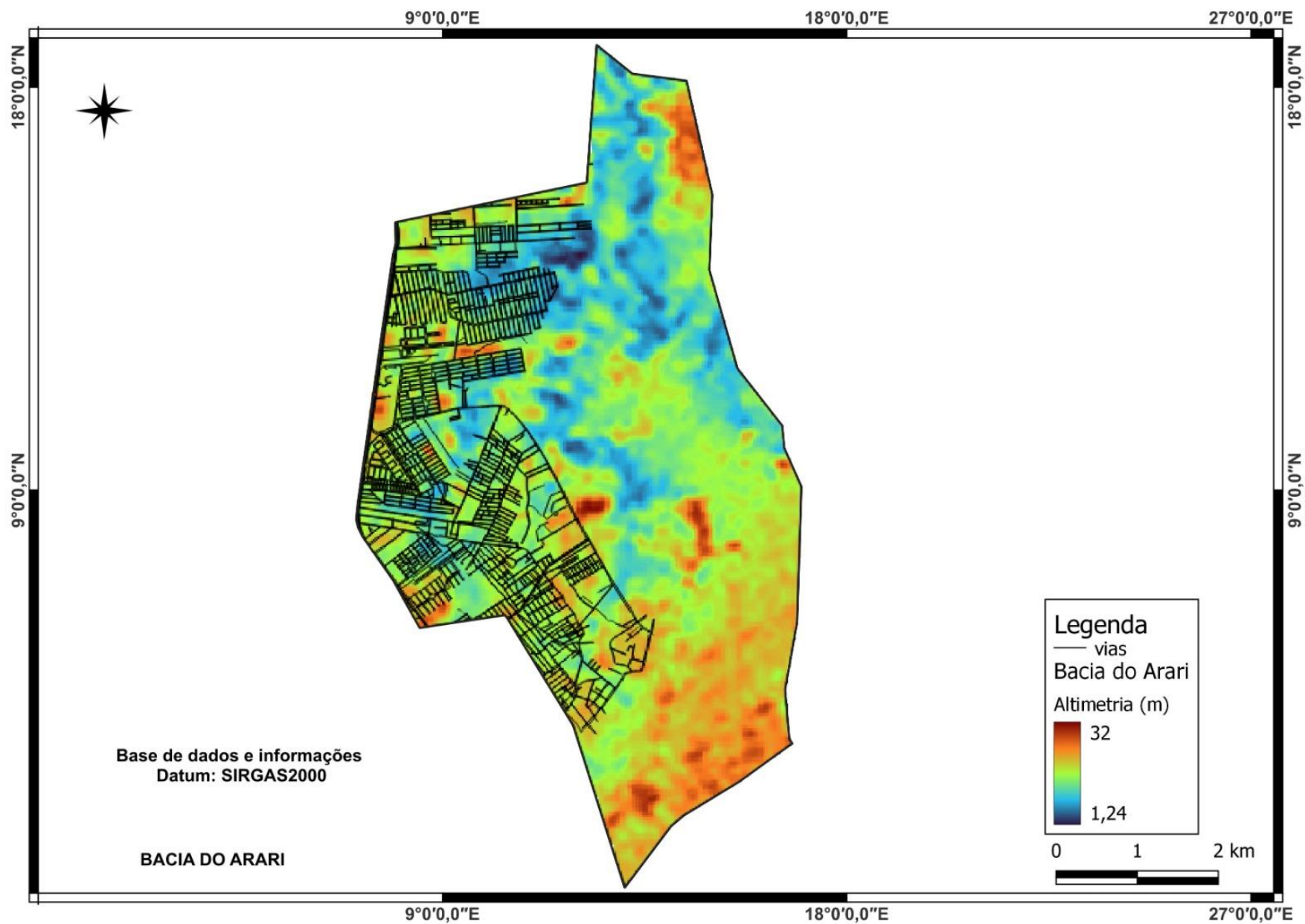
LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1- Hipsometria e arruamento da bacia do Anani, na cidade de Belém-PA.....	4
Mapa 2- Mapa 02 - Hipsometria e arruamento da bacia do Arari, na cidade de Belém-PA.....	5
Mapa 3- Mapa 03 - Hipsometria e arruamento da bacia do Aurá, na cidade de Belém-PA.....	6
Mapa 4 - Hipsometria e arruamento da bacia do Cajé, na cidade de Belém-PA.....	7
Mapa 5 - Hipsometria e arruamento da bacia da Estrada Nova, na cidade de Belém-PA.....	8
Mapa 6 - Hipsometria e arruamento da bacia do Mata Fome, na cidade de Belém-PA	9
Mapa 7 - Hipsometria e arruamento da bacia do Murucutum, na cidade de Belém-PA.....	10
Mapa 8 - Hipsometria e arruamento da bacia de Outeiro, na cidade de Belém-PA	11
Mapa 9 - Hipsometria e arruamento da bacia do Paracuri, na cidade de Belém-PA.....	12
Mapa 10 - Hipsometria e arruamento da bacia do Reduto, na cidade de Belém-PA.....	13
Mapa 11 - Hipsometria e arruamento da bacia da Tamandaré, na cidade de Belém-PA.....	14
Mapa 12 - Hipsometria e arruamento da bacia do Tucunduba, na cidade de Belém-PA.....	15
Mapa 13 - Hipsometria e arruamento da bacia do Una, na cidade de Belém-PA	16
Mapa 14 - Hipsometria e arruamento da bacia de Val-de-Cães, na cidade de Belém-PA.....	17
Figura 01 – Número de eventos de alagamentos pesquisados por bacia hidrográfica	18

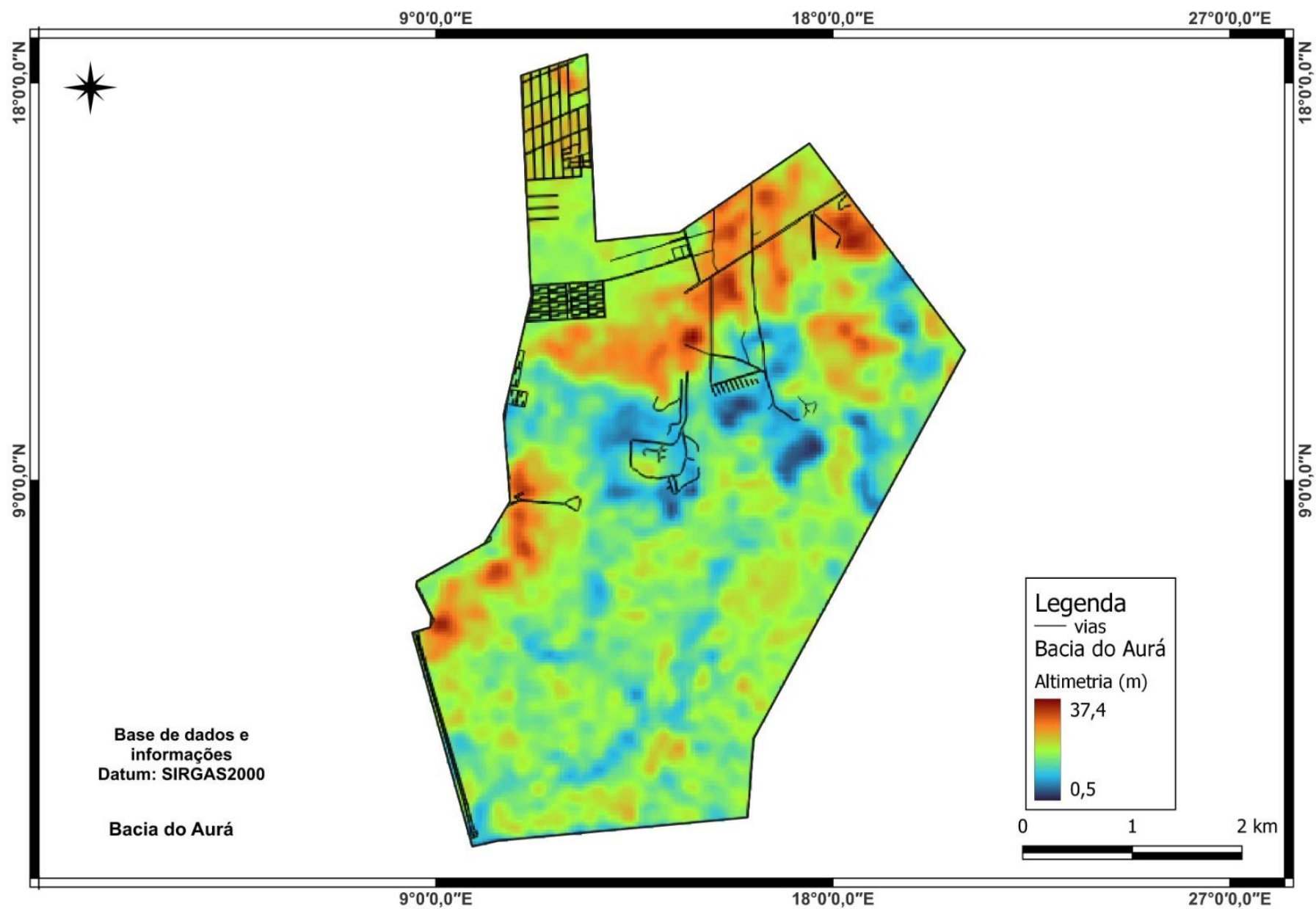
Mapa 1 - Hipsometria e arruamento da bacia do Anani, na cidade de Belém-PA.



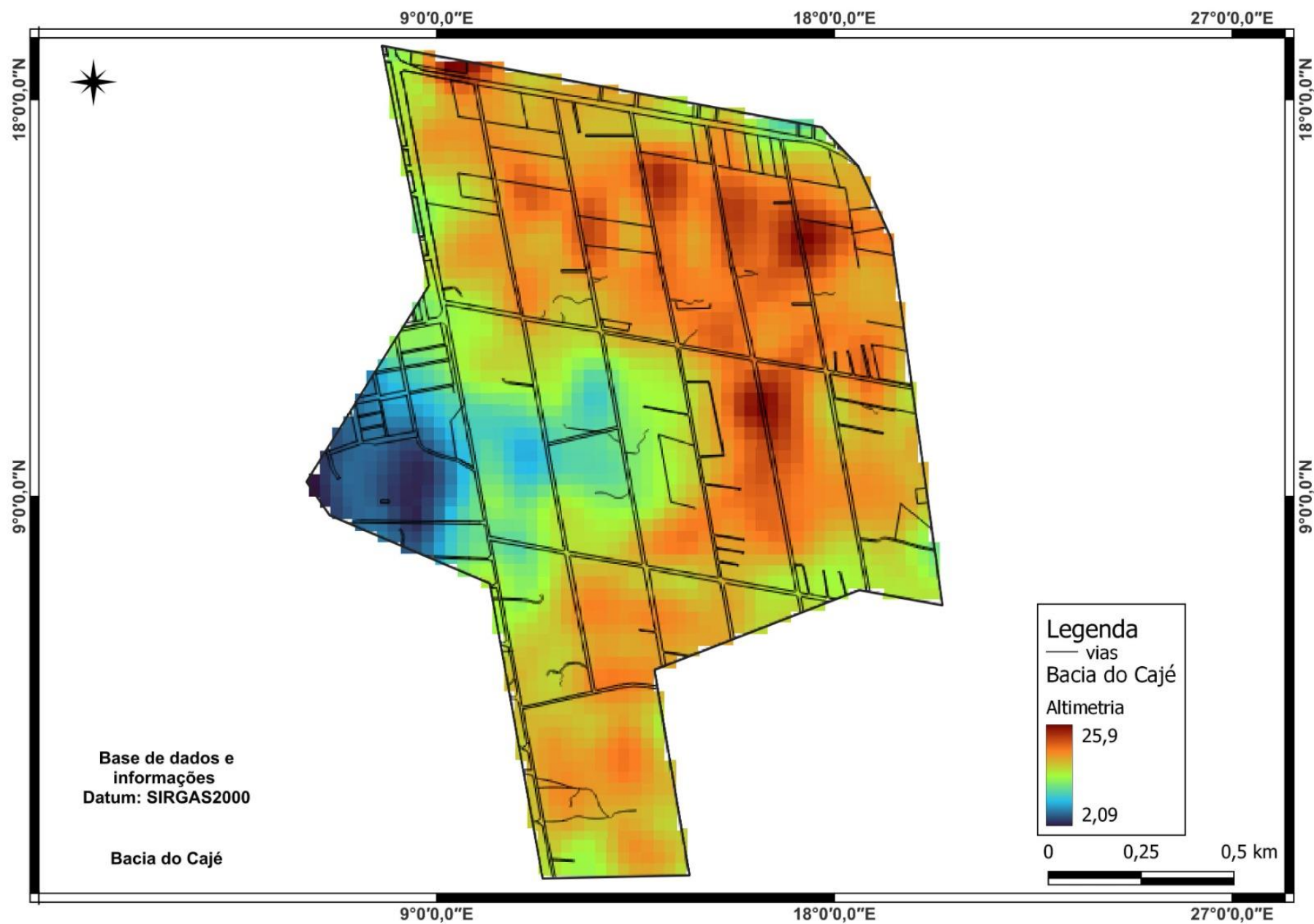
Mapa 2 - Hipsometria e arruamento da bacia do Arari, na cidade de Belém-PA.



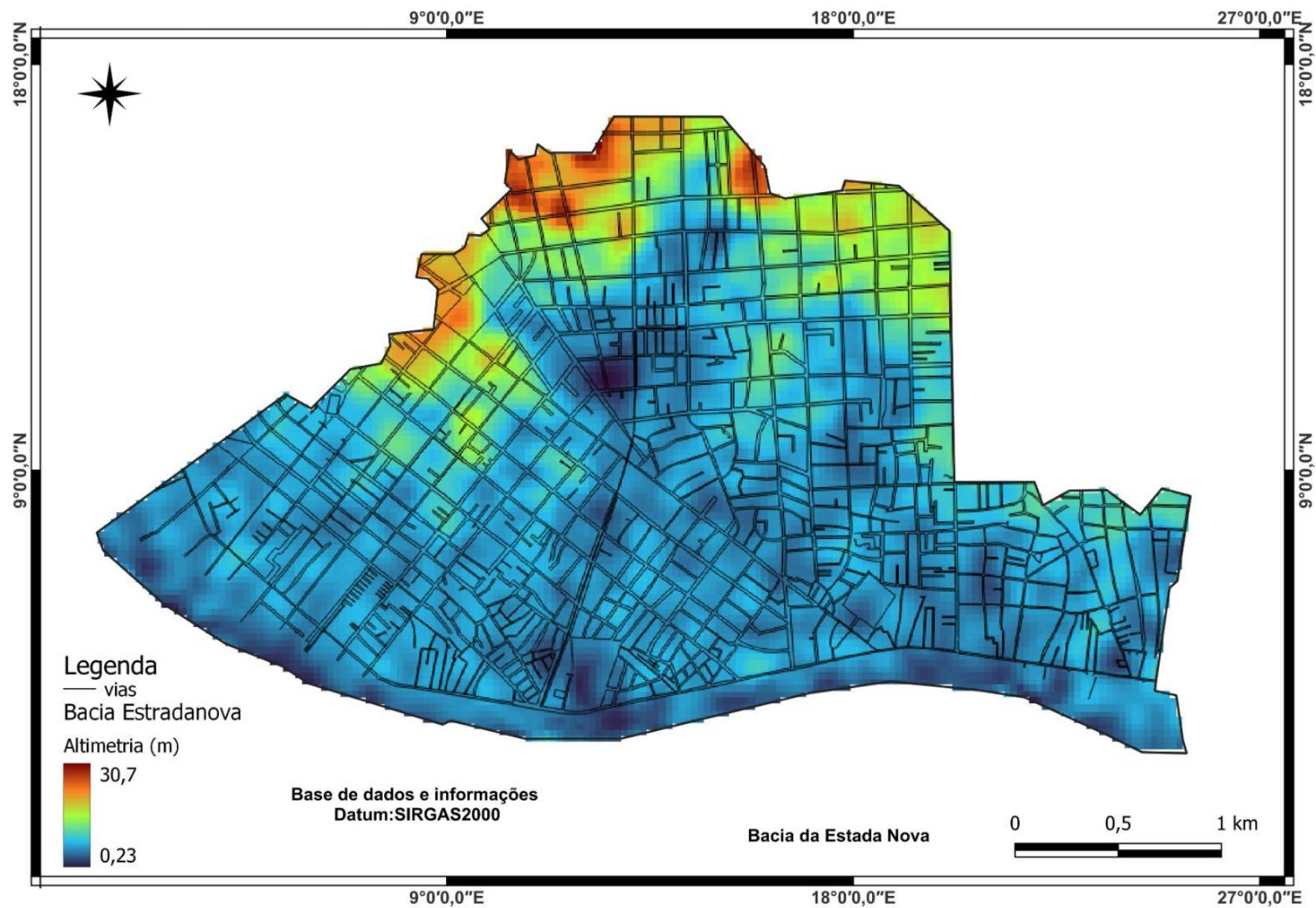
Mapa 3 - Hipsometria e arruamento da bacia do Aurá, na cidade de Belém-PA.



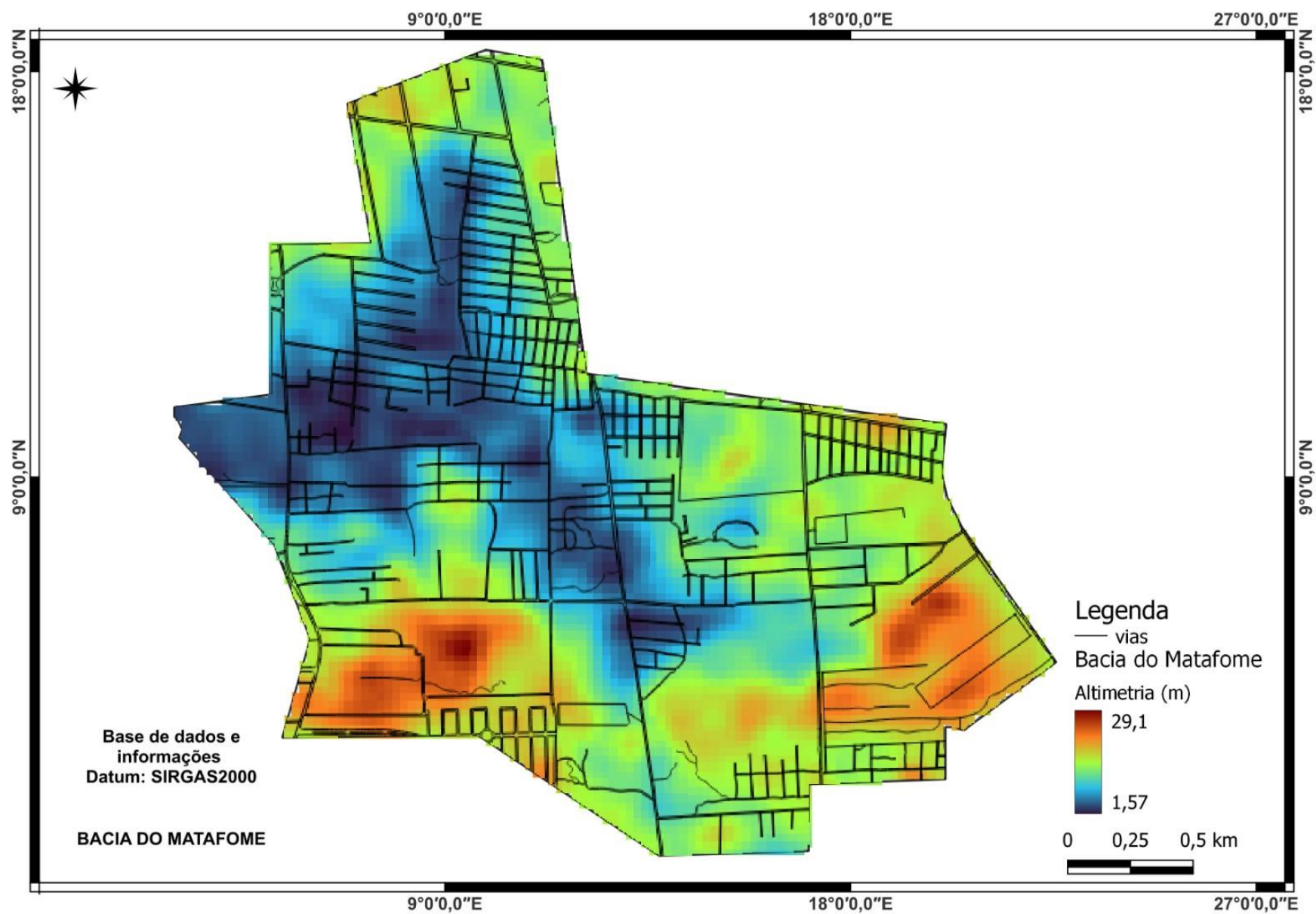
Mapa 4 - Hipsometria e arruamento da bacia do Cajé, na cidade de Belém-PA.



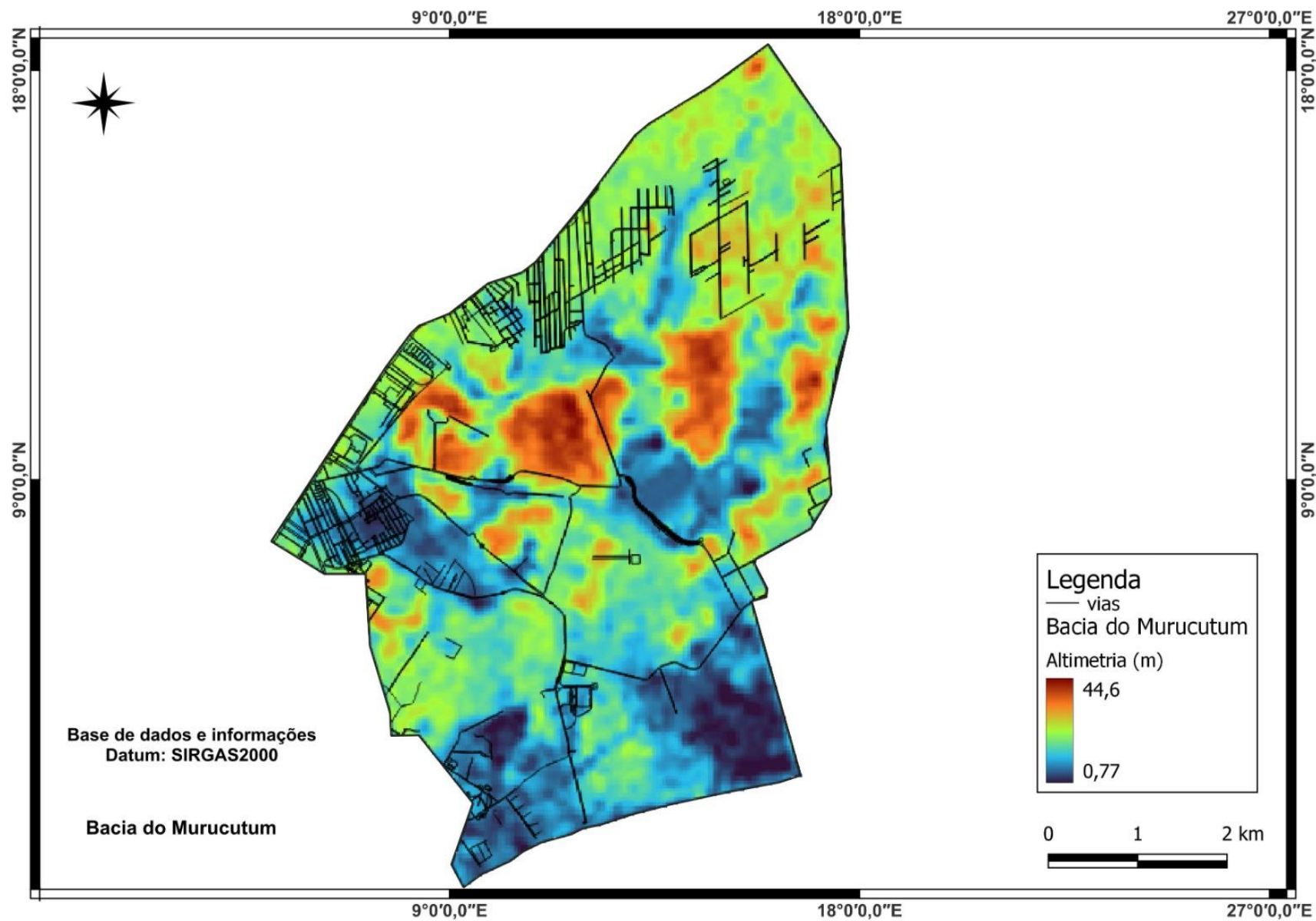
Mapa 5 - Hipsometria e arruamento da bacia da Estrada Nova, na cidade de Belém-PA.



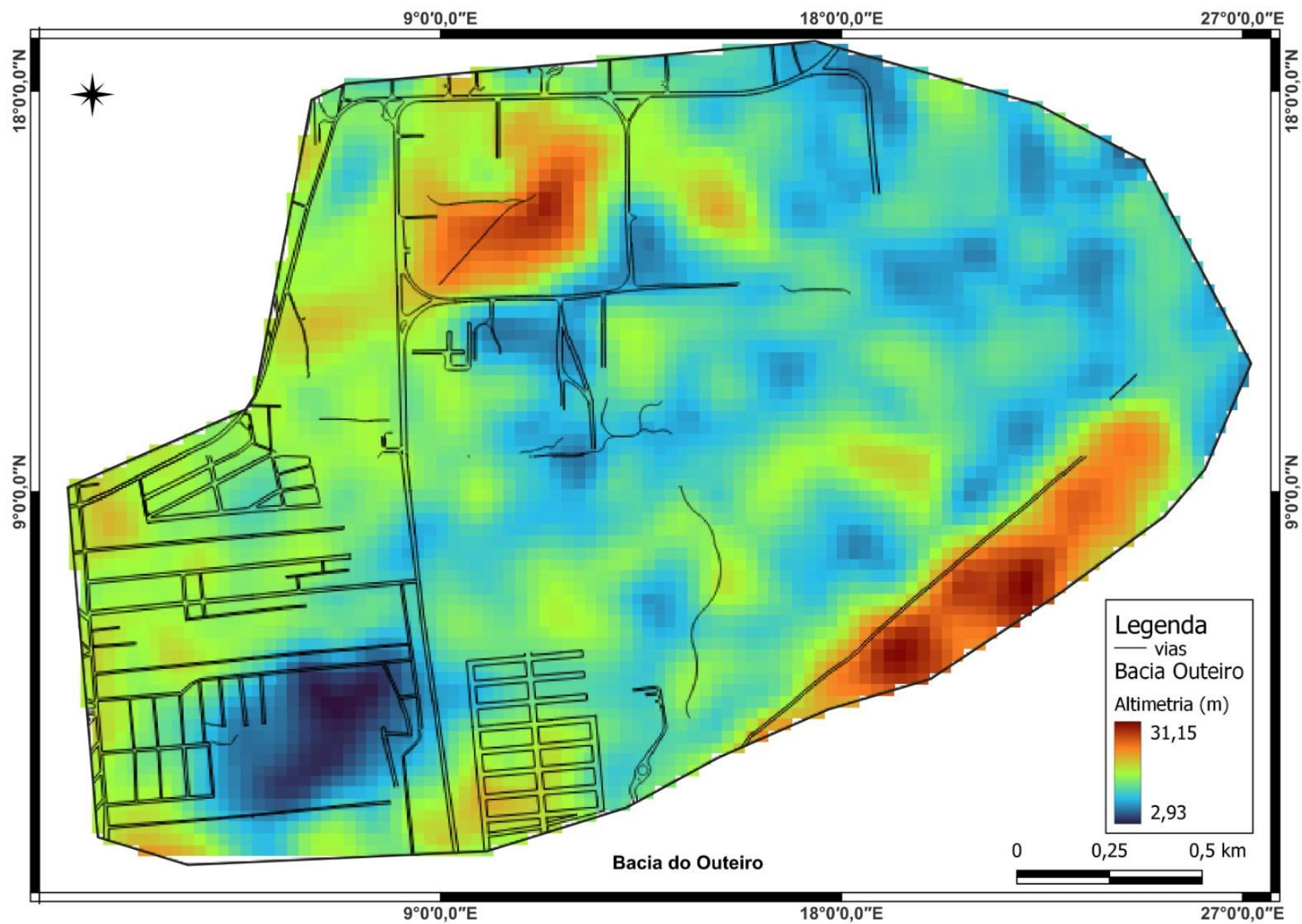
Mapa 06 - Hipsometria e arruamento da bacia do Mata Fome, na cidade de Belém-PA.



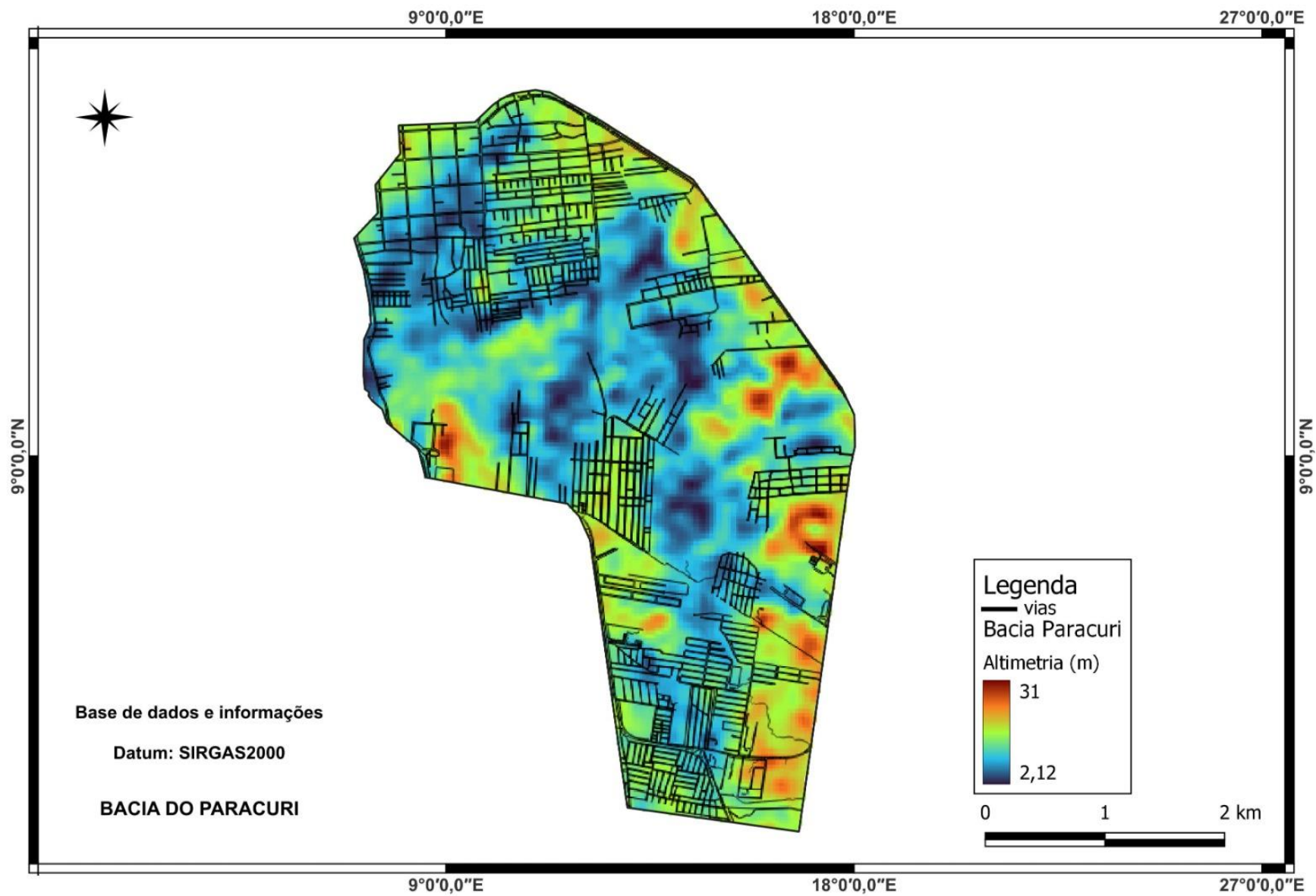
Mapa 7 - Hipsometria e arruamento da bacia do Murucutum, na cidade de Belém-PA.



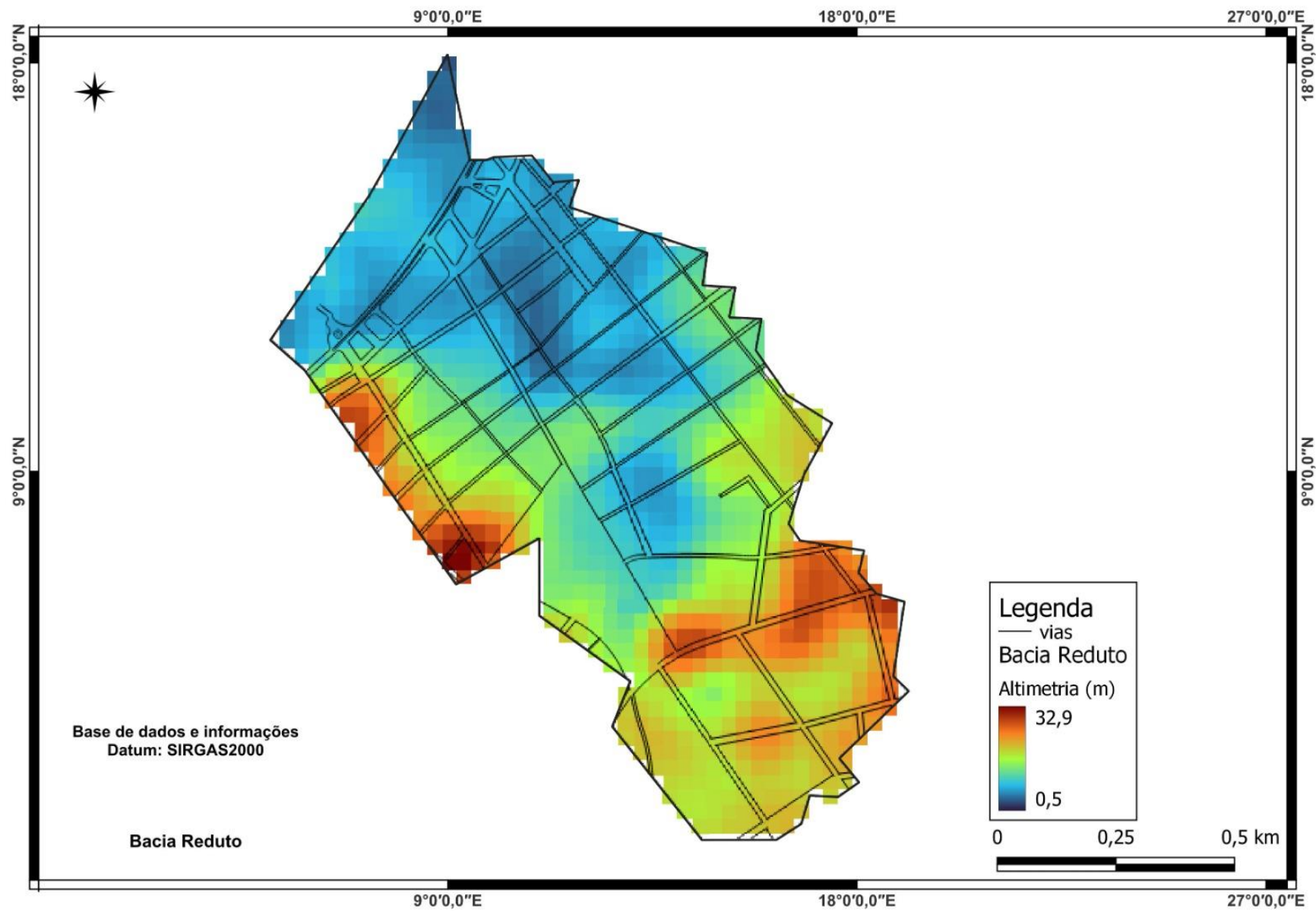
Mapa 8 - Hipsometria e arruamento da bacia de Outeiro, na cidade de Belém-PA.



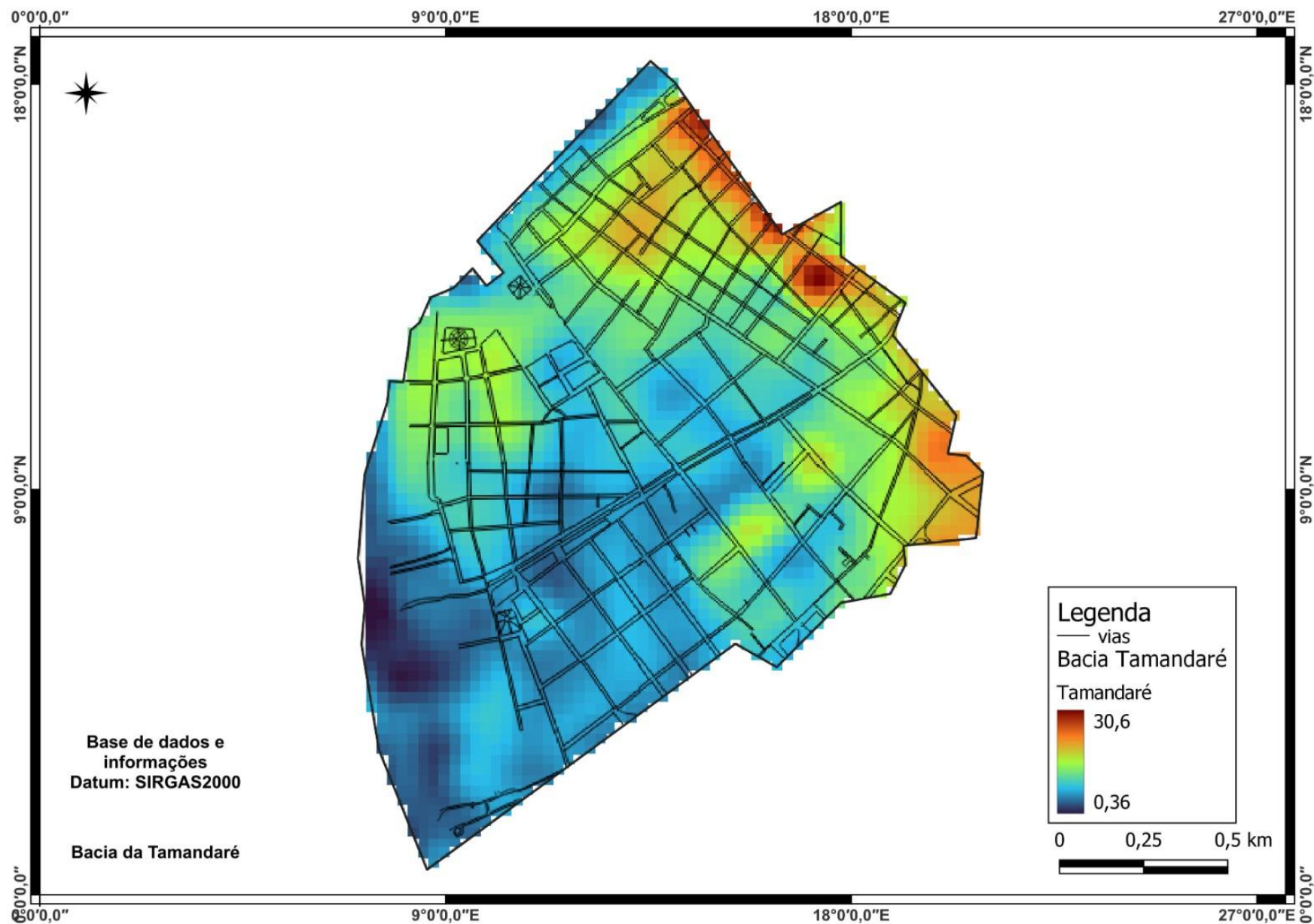
Mapa 9 - Hipsometria e arruamento da bacia do Paracuri, na cidade de Belém-PA.



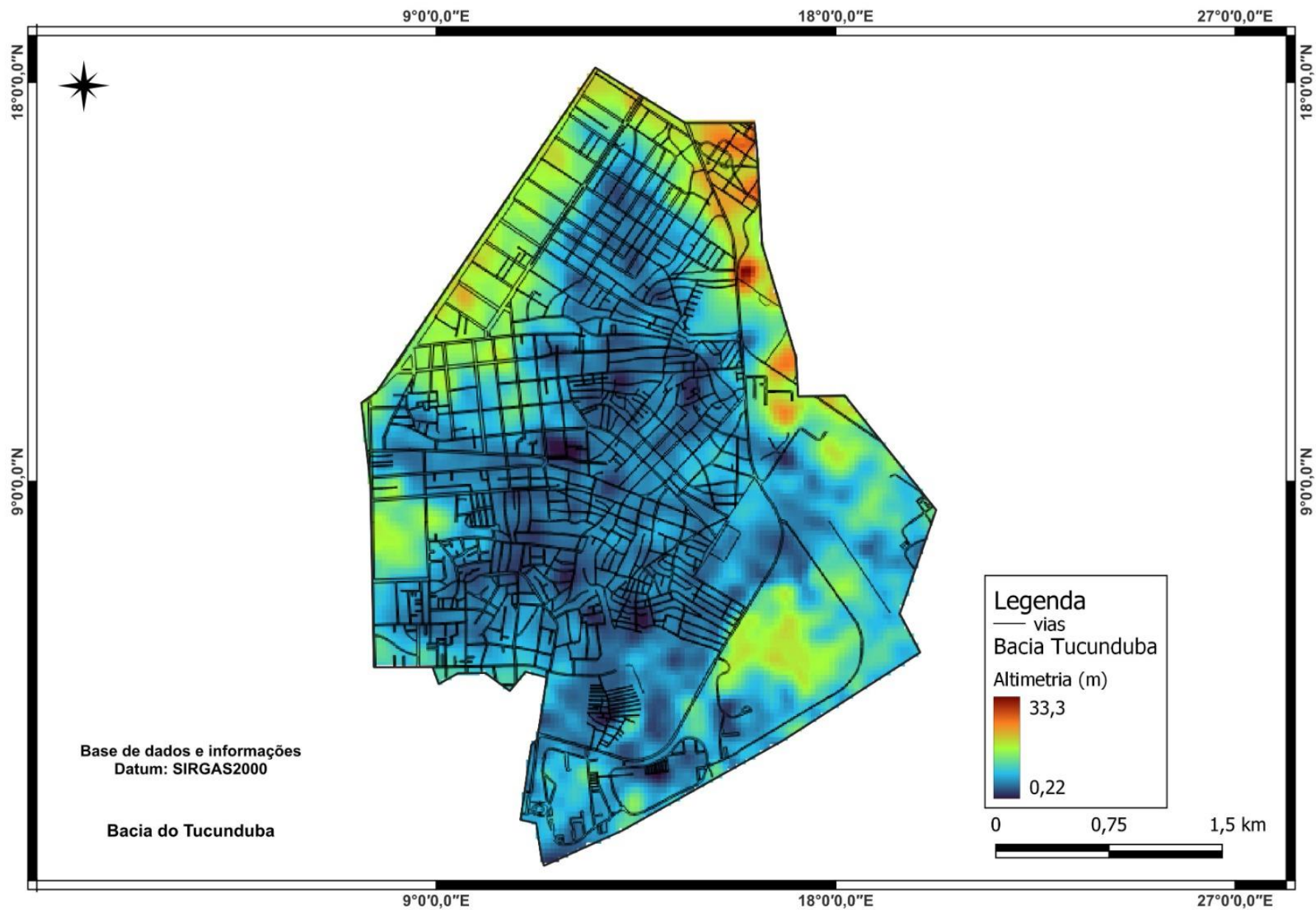
Mapa 10 - Hipsometria e arruamento da bacia do Reduto, na cidade de Belém-PA.



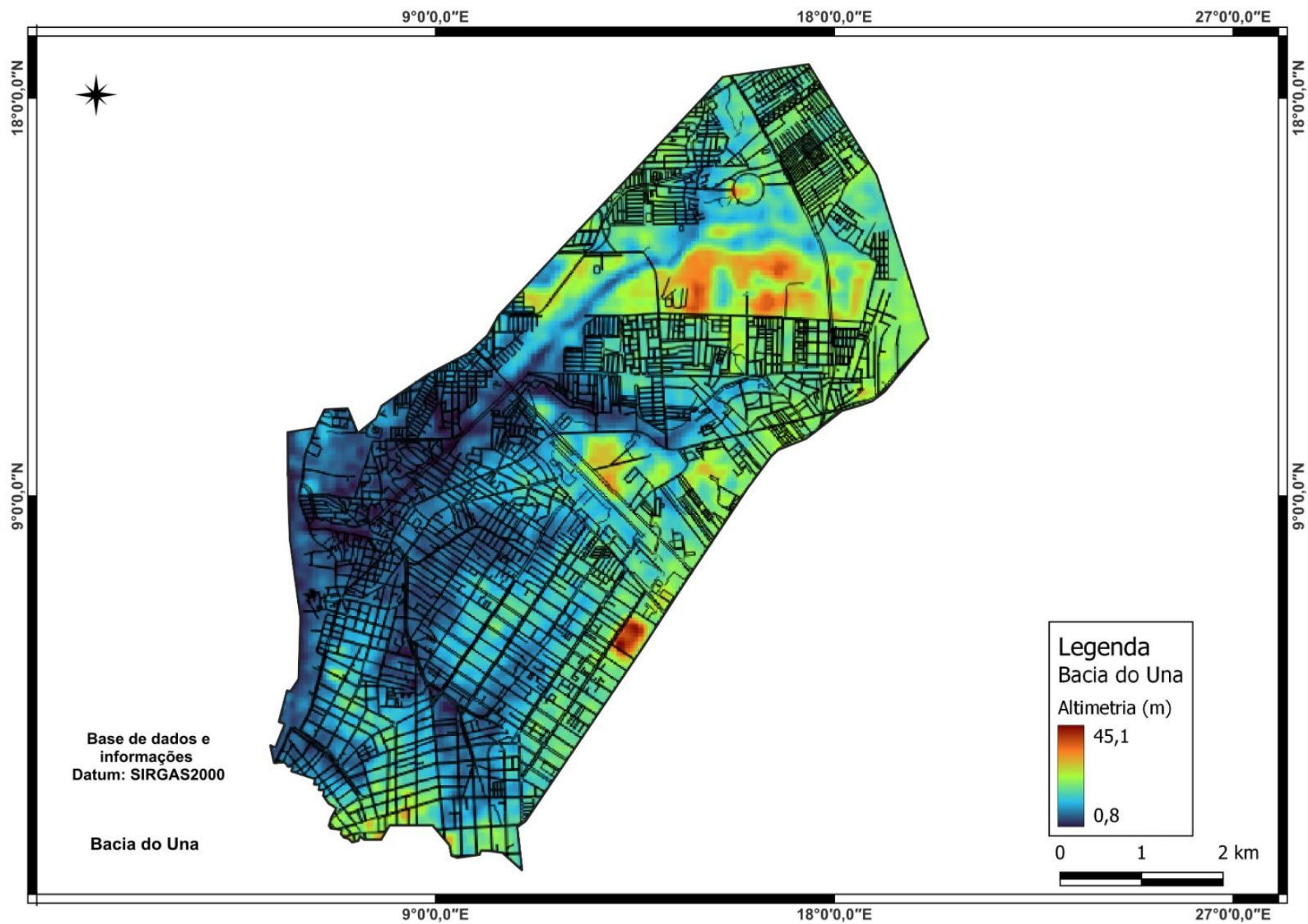
Mapa 11 - Hipsometria e arruamento da bacia da Tamandaré, na cidade de Belém-PA.



Mapa 12 - Hipsometria e arruamento da bacia do Tucunduba, na cidade de Belém-PA.



Mapa 13 - Hipsometria e arruamento da bacia do Una, na cidade de Belém-PA.



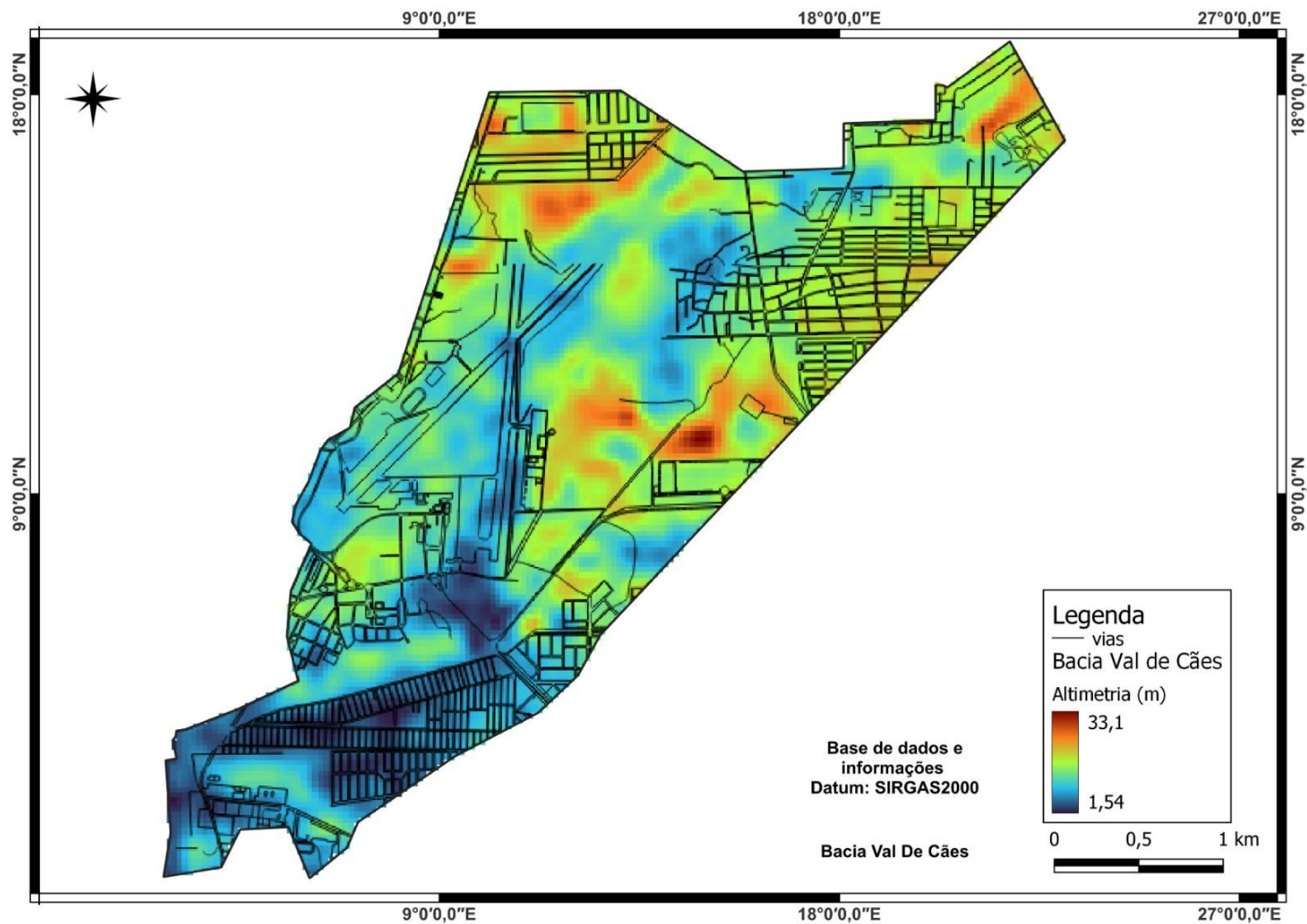


Figura 01 – Número de eventos de alagamentos pesquisados por bacia hidrográfica.

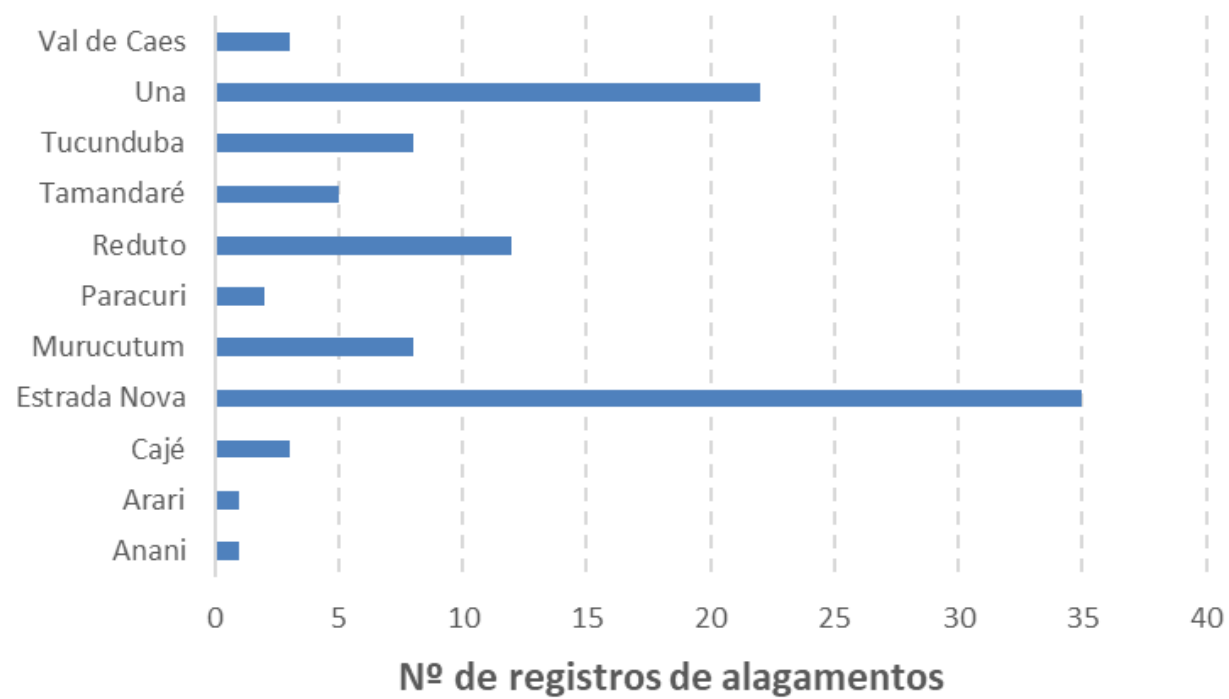


Tabela 01 - Distribuição de frequências dos eventos de precipitação horária com base na classificação proposta pela OMM.

Classes (mm/h)	Classificação do Evento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0,1 a 2,5	Leve	527	654	555	544	619	532	576	557	548	640	571	613	638	520
2,5 a 10	Moderado	146	169	179	167	184	145	168	164	179	203	187	192	151	128
10 a 50	Forte	57	69	74	62	76	66	56	74	89	86	85	97	81	67
PRP > 50	Violento	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	3	2	1	1

Tabela 02 – Distribuição de frequência da precipitação diária da estação convencional da Belém no período de 1967 a 2023.

Classes de frequência (mm/dia)	Nº de Ocorrências	Classes de frequência (mm/dia)	Nº de Ocorrências
0,0	40.362	90,1 a 100	12
0,1 a 10	19.009	100,1 a 110	4
10,1 a 20	3.718	110,1 a 120	4
20,1 a 30	1.377	120,1 a 130	3
30,1 a 40	629	130,1 a 140	2
40,1 a 50	285	140,1 a 150	0
50,1 a 60	128	150,1 a 160	1
60,1 a 70	76	160,1 a 170	1
70,1 a 80	34	170,1 a 180	1
80,1 a 90	21	Acima de 190	0

Tabela 03 – Distribuição de frequência da precipitação horária da estação meteorológica automática (A201) do INMET, no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2023.

Classes de frequência (mm/h)	Nº de Ocorrências
0,1 a 10	18.672
10,1 a 20	1.316
20,1 a 30	407
30,1 a 40	132
40,1 a 50	47
50,1 a 60	13
60,1 a 70	2

Tabela 04 – Classificação da intensidade da Precipitação pluvial, segundo os critérios da OMM, para o período de 2003 a 2023, da estação A201 do INMET.

Intensidade da Precipitação (mm/h)	Nº de eventos registrados	Classificação do evento
0,1 < PRP < 2,5 mm/h	14.393 (69,9%)	Leve
2,5 < PRP < 10,0 mm/h	4.279 (20,8%)	Moderado
10,0 < P < 50,0 mm/h	1.902 (9,2%)	Forte
P > 50,0 mm/h	17 (0,1%)	Violento