



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS DA
AMAZÔNIA (PPGGRD)

THIAGO JOSÉ COSTA DA COSTA

SEGURANÇA HÍDRICA NA ILHA DE COTIJUBA, BELÉM - PARÁ

BELÉM-PARÁ
2025

THIAGO JOSÉ COSTA DA COSTA

SEGURANÇA HÍDRICA NA ILHA DE COTIJUBA, BELÉM - PARÁ

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais da Amazônia - PGGRD do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção de grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais da Amazônia.

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

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco

Orientadora: Profa. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima

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)

C837s Costa, Thiago José Costa da.
Segurança hídrica na ilha de Cotijuba, Belém-Pará / Thiago José
Costa da Costa. — 2025.
76 f. + 1 Produto Técnico (09 f.: il. Color).

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de
Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2025.

Acompanhado do Produto Técnico “Painel de segurança hídrica ilha de
Cotijuba”

1. Recursos hídricos. 2. Sistemas de Informações Geográficas (SIG). 3.
Painel de Segurança Hídrica. 4. Saneamento. 5. Ilha de Cotijuba. I. Título. II.
Título: “Painel de segurança hídrica ilha de Cotijuba”.

CDD 333.91

THIAGO JOSÉ COSTA DA COSTA

SEGURANÇA HÍDRICA NA ILHA DE COTIJUBA, BELÉM - PARÁ

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais da Amazônia - PGGRD do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção de grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais da Amazônia.

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

Linha de pesquisa: Vulnerabilidade de Populações em Áreas de Risco

Data de Aprovação: / /

Conceito:

Profª. Aline Maria Meiguins de Lima - Orientadora
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará

Prof. Gilmar Wanzeller Siqueira – Membro interno
Doutor em Oceanografia Química e Geológica
Universidade Federal do Pará

Prof. Hernani José Brazão Rodrigues - Membro interno
Doutor em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará

Prof. Marcos Ronielly da Silva Santos - Membro externo
Doutor em Ciências Ambientais
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Aos meus pais, e a toda minha família que,
com muita paciência, carinho e apoio, não
mediram esforços para que eu chegasse
até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, por me conceder a força, a sabedoria e a saúde necessárias para concluir essa importante etapa da minha vida acadêmica. A minha orientadora, Dra. Aline Meiguins, sou eternamente grato pela orientação impecável, paciência e apoio incondicional. Suas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, e a confiança que depositou em mim me impulsionou a dar o meu melhor em cada etapa dessa jornada. Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Edna e Laurindo, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e acreditando em meu potencial, mesmo nos momentos de dificuldades. O amor, apoio emocional e compreensão de vocês foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente e concluir com sucesso esta etapa da vida acadêmica. Aos meus amigos, que sempre me proporcionaram momentos de descontração, motivação e apoio, em especial a Glenda Jaques, que mesmo com fuso horário diferente em outro país, me proporcionou grande suporte motivacional nessa jornada. Vocês foram fundamentais para o meu equilíbrio emocional durante esse período desafiador. Aos colegas da turma de mestrado de Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, agradeço pela troca de conhecimentos, pelas discussões enriquecedoras e pela colaboração durante a realização deste projeto. A convivência com cada um de vocês foi uma experiência valiosa. Por fim, agradeço à Universidade Federal do Pará, por me proporcionar essa oportunidade de crescimento acadêmico e profissional, e aos funcionários que sempre estiveram dispostos a ajudar. Este trabalho é, sem dúvida, o resultado de um esforço coletivo, e sou imensamente grato a todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

*"O conhecimento não é algo que
simplesmente se transmite, mas que se
constrói continuamente através da*

RESUMO

A segurança hídrica está diretamente relacionada à disponibilidade e gestão adequada dos recursos hídricos para garantir o acesso à água em quantidade e qualidade suficientes. Fenômenos climáticos, como secas prolongadas e inundações intensas, têm impactado essa segurança, tornando a água uma questão cada vez mais crítica. Esta dissertação investigou as condições atuais da segurança hídrica na Ilha de Cotijuba, em Belém, Pará, utilizando sistemas de informações geográficas (SIG), para análise multitemporal do uso do solo, nos anos de 1985, 1998, 2010 e 2023, além de parâmetros altimétricos, e como produto final, a elaboração de um painel de segurança hídrica com base na percepção ambiental local, no qual são elencados os desafios para promover a sustentabilidade dos recursos hídricos na Ilha de Cotijuba, através de indicadores como sistema de abastecimento de água e esgoto, energia, uso e ocupação do solo e etc. A dissertação aborda principalmente a seguinte pergunta: “é possível comunidades que habitam às margens de rios em uma região de elevado índice pluviométrico terem limitações de acessibilidade à água em quantidade e qualidade?”. Como resultados encontrados da elaboração do painel de segurança hídrica em Cotijuba, tem-se a vários desafios do poder público para resolver, como por exemplo, a água consumida precisa ser comprada ou tratada, dada a deficiência do sistema de captação e distribuição atual. Nas últimas décadas, a intensa urbanização e o aumento do fluxo turístico impulsionaram a economia local, elevando a demanda por água e a geração de resíduos. Essa carência em infraestrutura de saneamento compromete tanto a saúde dos moradores quanto os ecossistemas da ilha. Políticas públicas sustentáveis e investimentos em infraestrutura são essenciais para mitigar os impactos do acesso a água de qualidade e quantidade na Ilha de Cotijuba, bem como a elaboração deste painel de segurança hídrica, pode ser aplicado a outras ilhas de Belém ou cidades do Pará, e que necessitem de um diagnóstico mais completo, se transformando em uma ferramenta para subsidiar tomadas de decisão pelo poder público.

Palavras-chave: recursos hídricos; sistemas de informações geográficas (SIG); painel de segurança hídrica; saneamento; ilha de Cotijuba-Pa.

ABSTRACT

Water security is directly related to the availability and proper management of water resources to ensure access to water in sufficient quantity and quality. Climatic phenomena, such as prolonged droughts and intense floods, have impacted this security, making water an increasingly critical issue. This dissertation investigated the current conditions of water security on Cotijuba Island, in Belém, Pará, using Geographic Information Systems (GIS) for multitemporal analysis of land use in the years 1985, 1998, 2010, and 2023, in addition to altimetric parameters. As a final product, it developed a water security panel based on local environmental perception, in which the challenges to promoting the sustainability of water resources on Cotijuba Island are listed, through indicators such as water supply and sewage systems, energy, land use and occupation, among others. The dissertation mainly addresses the following question: “Is it possible that communities living along riverbanks in a region with high rainfall levels face limitations in accessing water in sufficient quantity and quality?” The results from the development of the water security panel in Cotijuba highlight several challenges for the public authorities to address, such as the fact that water for consumption often needs to be purchased or treated, given the deficiencies in the current capture and distribution system. In recent decades, intense urbanization and increased tourism have boosted the local economy, raising both the demand for water and the generation of waste. This lack of sanitation infrastructure compromises both the health of residents and the island’s ecosystems. Sustainable public policies and infrastructure investments are essential to mitigate the impacts on access to water of adequate quality and quantity on Cotijuba Island. Moreover, the development of this water security panel may be applied to other islands in Belém or cities in Pará that require a more comprehensive diagnosis, becoming a tool to support decision-making by public authorities.

Keywords: water resources; geographic information systems (GIS); water security panel; sanitation; Cotijuba island-Pa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ampliação do Conceito de Segurança.....	20
Figura 2- Localização da área de estudo.....	23
Figura 3- População por setores Censitários da Ilha de Cotijuba.....	25
Figura 4- Macrozoneamento da Ilha de Cotijuba.....	26
Figura 5- Área urbanizada.	26
Figura 6- Terminal hidroviário da ilha de Cotijuba.....	27
Figura 7- Região de lagos.....	28
Figura 8- Modelo para Qgis, para composição e reprojeção de dados matriciais para Landsat 5 de forma automatizada.....	31
Figura 9- Modelo para Qgis, para composição e reprojeção de dados matriciais para Landsat 8 de forma automatizada.....	32
Figura 10- Método de aquisição de arquivos imagem Raster do MapBiomias.....	35
Figura 11- Modelo para Qgis, para geração automatizada de dados vetoriais de uso e ocupação da terra.....	37
Figura 12- Organograma da metodologia utilizada para gerar os dados de uso e ocupação do solo.....	41
Figura 13- Organograma da metodologia.....	43
Figura 14- Representação cartográfica com imagens Landsat 5 e 8, em composição falsa-cor da ilha de Cotijuba, no período 1985 até 2023.....	44
Figura 15- Representação cartográfica da ilha de Cotijuba, no período 1985 até 2023, utilizando dados da plataforma MapBiomias.....	45
Figura 16- Uso do solo em 1985 utilizando dados do MapBiomias.....	47
Figura 17- Uso do solo em 1998 utilizando dados do MapBiomias.....	47
Figura 18- Uso o do solo em 2010 utilizando dados do MapBiomias.....	48
Figura 19- Uso o do solo em 2023 utilizando dados do MapBiomias.....	48
Figura 20- Evolução do uso do solo utilizando dados do MapBiomias.....	49
Figura 21- Mapa hipsométrico da Ilha de Cotijuba.....	51

Figura 22- Localização da zona de abastecimento de água em Cotijuba.....	53
Figura 23- Unidade de abastecimento de água de Cotijuba.....	54
Figura 24- Descarte irregular de lixo na praia do Farol em Cotijuba.....	56
Figura 25- Usina Termelétrica localizada em Cotijuba.....	58
Figura 26- Pannel da Segurança Hídrica da ilha de Cotijuba.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ONU	Organização das Nações Unidas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
SIG	Sistema de Informações Geográficas
USGS	United States Geological Survey

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Geral.....	16
2.2	Específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	A Política Nacional de Recursos Hídricos.....	17
3.2	Segurança hídrica no contexto de riscos e desastres.....	18
3.3	As geotecnologias como ferramenta de gestão de riscos e desastres associadas a segurança hídrica.....	20
4	METODOLOGIA.....	23
4.1	Área de estudo.....	23
4.2	Materiais.....	28
4.2.1	Softwares.....	29
4.2.2	Aquisição e processamento de imagens de satélite.....	29
4.2.3	Aquisição e processamento de dados do Projeto MapBiomass.....	33
4.2.4	Aquisição e processamento de dados de altimetria.....	38
4.2.5	Aquisição de dados de campo.....	38
4.3	Método.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1	Análise multitemporal do uso e ocupação da terra.....	44
5.2	Mapa altimétrico da ilha de Cotijuba.....	50
5.3	Painel de Segurança Hídrica da Ilha de Cotijuba.....	52
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO.....	68

APÊNDICE B - DOCUMENTOS DA PESQUISA.....74

1 INTRODUÇÃO

A água, elemento essencial para a sobrevivência humana e vital para a manutenção da biodiversidade e equilíbrio ambiental. Desde filósofos antigos até cientistas contemporâneos, a importância da água é destacada em diferentes contextos, abordando aspectos que vão além da mera necessidade física (Brito *et al.*, 2020).

A adoção de leis específicas para a gestão de recursos hídricos tem uma história que remonta a várias décadas. Diferentes países adotaram abordagens variadas, mas alguns foram pioneiros na criação de legislações voltadas para a gestão sustentável e eficiente dos recursos hídricos, como a França, com a Lei de Orientação para a Água (*Loi sur l'Eau*) de 1964, e que foi uma medida importante que estabeleceu a gestão descentralizada da água por bacias hidrográficas (Berreta; Laurent; Basso, 2012).

De acordo com Berndsen e Dantas (2023), nos Estados Unidos, a Lei da Qualidade da Água de 1965 foi um marco importante. Posteriormente, a Lei de Política Ambiental Nacional (NEPA) de 1969, estabeleceu as bases para a criação de agências e programas federais para lidar com questões de qualidade e quantidade de água, como a Lei da Água Limpa (*Clean Water Act*), dentre outras, como a Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act*).

O Brasil também se destacou na implementação de uma legislação abrangente para a gestão de recursos hídricos, através da Lei nº 9.433/1997. Para as Organizações das Nações Unidas (ONU) o conceito de segurança hídrica inclui principalmente a disponibilidade de água, o que significa garantir que haja quantidade adequada de água disponível para atender às diversas necessidades, incluindo o acesso à água potável e saneamento básico. O que remete a dois fatores importantes na região Amazônica: as condições de saneamento básico e a vulnerabilidade das populações que residem as margens dos rios e em áreas insulares (ONU, 2021), que são fatores que refletem nas condições de segurança hídrica.

Para Van Beek e Arriens (2016), a segurança hídrica refere-se “à capacidade de garantir o acesso sustentável, seguro e suficiente à água para atender às necessidades básicas das comunidades, bem como para o desenvolvimento econômico e ambiental, mesmo diante de desafios e ameaças relacionadas à água”.

Esse conceito engloba a gestão eficiente dos recursos hídricos, redução das vulnerabilidades e exposição às condições de risco relacionado à água e a promoção da equidade no acesso aos serviços hídricos.

De acordo com Tucci e Chagas (2017), a vulnerabilidade hídrica é relativa à dificuldade do sistema (seja ele a população ou o ambiente) em se restabelecer às condições anteriores a um evento; esta também se manifesta como a impossibilidade de atender à demanda por água ou proteger a população contra inundações em um determinado período ou probabilidade.

A vulnerabilidade ambiental refere-se à suscetibilidade de um sistema natural ser afetado negativamente por perturbações ambientais, como mudanças climáticas, poluição, desmatamento, entre outros. As comunidades ribeirinhas constituem populações naturalmente vulneráveis, pela sua moradia nas margens dos rios, com influência direta das águas e da sazonalidade climática (Kuhnen, 2009). Na região amazônica, em função de suas dimensões espaciais, o uso de técnicas de suporte ao mapeamento destes grupos é essencial para o real dimensionamento da população afetada.

O geoprocessamento fornece informações sobre o espaço geográfico, facilitando a tomada de decisões, a identificação de áreas propensas a desastres naturais, a análise de mudanças no uso da terra, a avaliação de impactos ambientais e o monitoramento de ecossistemas, e contribui também para a gestão eficiente dos recursos hídricos, permitindo a identificação de bacias hidrográficas, monitoramento de níveis de água, previsão de cheias e secas, e avaliação da qualidade da água (Lins, 2007).

Associado a este, tem-se o uso dos sensores remotos como ferramenta no monitoramento da evolução espacial e temporal das mudanças na cobertura da superfície da terra, em destaque a expansão urbana. Na região Amazônica o emprego destas técnicas é essencial, dada as condições de acessibilidade de determinadas áreas, dimensões territoriais de suas bacias hidrográficas e necessidade de integração das informações que as caracterizam (Santos; Veronese; Machado, 2009).

A área objeto de estudo é a Ilha de Cotijuba, que pertence ao município de Belém, no estado do Pará, distante aproximadamente 22 km da área continental do município, tem aproximadamente 3.488 habitantes, e a via fluvial é sua principal forma de acesso (Belém,

2020). O problema da pesquisa, é vinculado a uma questão norteadora deste tipo de ambiente na Amazônia: *“é possível comunidades que habitam às margens de rios em uma região de elevado índice pluviométrico terem limitações de acessibilidade à água em quantidade e qualidade?”*. A hipótese defendida é que: *“a associação entre as condições de saneamento básico e o efeito sazonal das águas (associados ao clima) podem induzir condições de vulnerabilidade que comprometem a segurança hídrica”*.

O objetivo deste trabalho foi elaborar um Painel da Segurança Hídrica para a ilha de Cotijuba, em Belém, no estado do Pará, utilizando para isso aplicação de uma listagem de verificação para compreender a percepção local sobre vulnerabilidade ambiental e segurança hídrica.

De uma forma geral, um "Painel da Segurança Hídrica" é uma ferramenta crucial para monitorar, gerenciar e compreender os recursos hídricos de uma determinada região. Ele desempenha um papel fundamental na gestão sustentável da água, especialmente em um contexto global onde a escassez de água e os impactos das mudanças climáticas estão se tornando cada vez mais evidentes (Lima; Ferreira; Costa, 2020).

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma, após a introdução, temos a revisão da literatura. O primeiro tópico aborda a Política Nacional de Recursos Hídricos, o segundo aborda os conceitos de segurança hídrica, ambiental e vulnerabilidade ambiental, presentes no contexto da dissertação. O terceiro tópico discute de que forma as geotecnologias podem ser utilizadas como ferramenta de gestão de riscos e desastres na Amazônia associado a segurança hídrica.

Após a apresentação dos objetivos geral e específicos, são percorridos os materiais e métodos utilizados na dissertação, seguidos pelos resultados e discussões. Os dois últimos são divididos em: análise multitemporal do uso e ocupação da terra da ilha de Cotijuba utilizando dados do MapBiomas; caracterização altimétrica da Ilha de Cotijuba a partir de imagens Copernicus Global DEM, e finalizado com a criação do painel de Segurança Hídrica a partir de indicadores, e as referências bibliográficas utilizadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar as condições de segurança hídrica, para definição de um “Painel de Segurança Hídrica” aplicado a Ilha de Cotijuba, município de Belém-PA.

2.2 Específicos

- Construir indicadores que caracterizem os fatores que condicionantes das vulnerabilidades associadas à relação da comunidade com os sistemas hídricos.
- Elaborar o “Painel de Segurança Hídrica” que traduza as condições socioambientais da Ilha de Cotijuba e suas diretrizes ao planejamento municipal e a gestão de riscos ambientais.
- Analisar o uso e ocupação do solo na Ilha de Cotijuba utilizando dados do Mapbiomas

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, com o objetivo de assegurar a disponibilidade de água para as diversas necessidades humanas e ecológicas, em quantidade e qualidade adequadas, e de garantir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos no Brasil. A PNRH segue uma abordagem integrada e participativa, que envolve os diferentes níveis de governo, sociedade civil, setor privado e usuários de água (Brasil, 1997).

De acordo com a Lei nº 9.433/1997, os principais princípios e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos incluem:

- A Gestão Integrada e Descentralizada: no qual gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma integrada, considerando as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão, e descentralizada, com a participação de todos os setores envolvidos;
- Uso Racional e Sustentável: a utilização da água deve ser feita de maneira eficiente, respeitando os limites de disponibilidade e promovendo a recuperação e preservação dos recursos hídricos;
- Valor da Água: a água deve ser reconhecida como um bem público, com valor econômico, mas com a função social de garantir o direito de acesso à água potável para todas as pessoas;
- Instrumentos de Gestão: a política estabelece instrumentos como os planos de bacia, outorga de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre a água.

A Lei nº 9.433/1997 determina também que os múltiplos usos das águas deve se basear na sustentabilidade ambiental e que o caráter multissetorial dos recursos hídricos para o desenvolvimento social e econômico presentes na Agenda 21, deve compor medidas de conservação e mitigação de desperdício, bem como a utilização de planos racionais na utilização das águas subterrâneas e pluviais.

Cerca de 14% da água doce do mundo encontra-se em território brasileiro, através de rios, lagos e aquíferos, superficiais ou subterrâneos, no entanto, esse indicativo positivo, não espelha a distribuição de água desigual entre os estados brasileiros, nem os sérios problemas

de poluição das águas superficiais. A região Norte, por exemplo, possui uma abundância de água, enquanto o Nordeste enfrenta escassez hídrica.

Além disso, a poluição das águas superficiais é um problema grave em várias regiões, causado pelo despejo inadequado de resíduos industriais, agrícolas e domésticos. Isso exige uma mudança cultural, considerando que um dos objetivos da Lei nº 9.433/1997 é promover o uso racional da água. A conscientização da população sobre a importância da preservação dos recursos hídricos é fundamental para alcançar esse objetivo (Wolkmer; Pimme, 2013).

No referente ao saneamento básico, sistemas inadequados de tratamento de água e esgoto podem resultar na contaminação de fontes hídricas, favorecendo a propagação de patógenos, e o investimento em segurança hídrica promove práticas essenciais, que reduzem significativamente o risco de infecções transmitidas pela água e acessibilidade para consumo humano (Nova; Tenório, 2019).

Porém, apesar da abundância de água, na região Amazônica, o fortalecimento das políticas de recursos hídricos é necessário, uma vez que tal quantitativo de água não garante a segurança hídrica devido a deficiências em infraestrutura e saneamento básico. Além disso, a região carece de comitês de bacias e instrumentos essenciais de gestão, como planos estaduais e de bacias, que são fundamentais para guiar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Pereira; Rodriguez, 2022).

Nesse contexto, os obstáculos a serem superados envolvem não apenas a transformação de uma visão fragmentada e setorial, mas também o empenho em estabelecer uma governança democrática e preventiva, com base em uma visão ambiental e Sustentável. É essencial compreender que a vida humana e o meio ambiente estão intimamente conectados, e que os processos ecológicos são fundamentais para manter o planeta apto a sustentar a vida (Farias, 2005, p. 37).

3.2 Segurança Hídrica no Contexto de Riscos e Desastres

A segurança hídrica está profundamente conectada à gestão de riscos e desastres, pois trata de assegurar que uma comunidade ou área tenha acesso a água potável, em quantidade adequada e de maneira sustentável, mesmo frente a eventos adversos como secas, enchentes e outros desastres naturais. A gestão de riscos e desastres tem como objetivo identificar,

analisar e minimizar os efeitos desses fenômenos, e, nesse cenário, a segurança hídrica se revela um elemento essencial (Ocde, 2013).

Com o aumento acima do normal dos extremos hidrológicos com as mudanças climáticas, as dúvidas de como gerir a gestão das águas ficam cada vez maiores a nível local e global (Ipcc, 2007). O conceito de segurança começou a ser discutido de forma mais global a partir dos anos 90, mas somente no século XXI, especialmente a partir de 2009, que a temática começou a ter muitas publicações científicas e os conceitos começaram a surgir de maneira mais concreta (Backer, 2012).

Para a Global Water Partneship (GWP, 2014), conceitualmente a segurança hídrica envolve a preocupação não apenas com o recurso em si, mas também com os serviços que dependem desse recurso, como o abastecimento de água para consumo humano, a agricultura, as atividades econômicas e a preservação ambiental. É fundamental levar em conta tanto a qualidade quanto a quantidade da água, pois a qualidade impacta seu valor e os efeitos sobre o meio ambiente. A segurança hídrica visa otimizar o uso da água, ao mesmo tempo em que busca mitigar os danos causados por fenômenos destrutivos, como enchentes, secas, deslizamentos, erosão, poluição e doenças associadas à água.

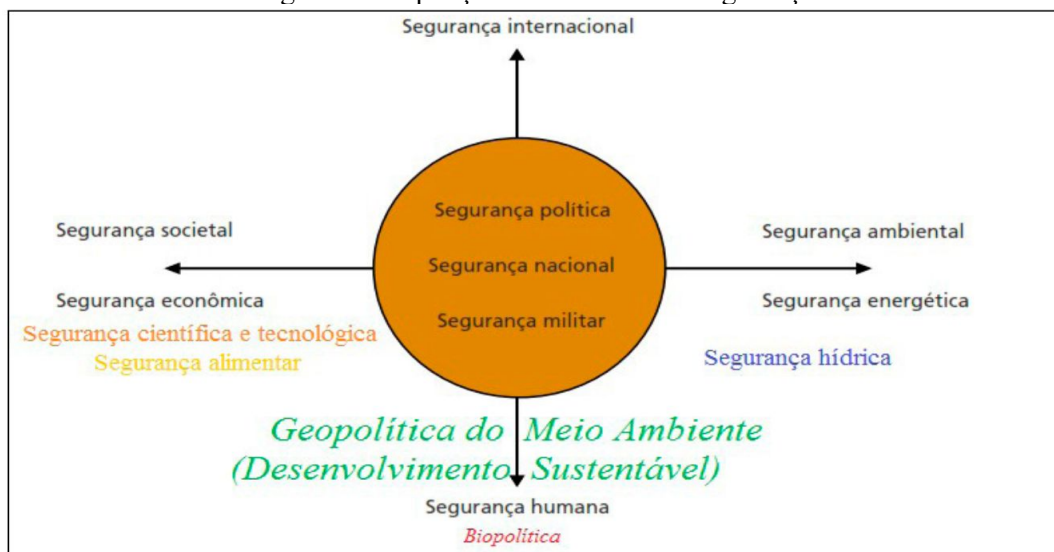
No Brasil, a Lei nº 9.433/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, juntamente com as legislações estaduais correspondentes, já incorpora o conceito de segurança hídrica. Contudo, foi a partir de 2014 que esse conceito ganhou maior relevância no país, devido à crise hídrica enfrentada pelas principais capitais do Sudeste, especialmente São Paulo. Esse cenário trouxe o tema para o centro das discussões nacionais, ampliando o debate sobre a questão

Apesar da grande disponibilidade hídrica comparada ao restante do Brasil, a região amazônica não tem a garantia de segurança hídrica, uma vez que a região é uma das mais precárias em saneamento básico e questões de infraestrutura para fornecimento adequado de água a população. Além disso, há uma carência de comitês de bacias e de ferramentas essenciais para a gestão dos recursos hídricos, como os planos estaduais e de bacias. Esses planos são fundamentais para orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Embora a criação de uma estrutura institucional mínima para aplicar a PNRH seja

um primeiro passo importante, ela sozinha não assegura sua eficiência (Pereira; Rodrigues, 2022).

Ribeiro (2017), Marques e Medeiros Filho (2014) ampliam o conceito de segurança de uma nação, que a segurança hídrica deve ser um dos elementos prioritários no conceito de “Geopolítica do Meio Ambiente”, o qual elementos como segurança científica e tecnológica, alimentar e segurança hídrica, façam parte de outros conceitos clássicos que caracterizam elementos que sustentem um país, como ter segurança militar, política, econômica e energética (Figura 1).

Figura 1- Ampliação do Conceito de Segurança.



Fonte: Ribeiro (2017).

3.3 As Geotecnologias como Ferramenta de Gestão de Riscos e Desastres Associadas a Segurança Hídrica

A gestão de riscos e desastres, quando aliada ao uso das geotecnologias, também facilita a criação de planos de contingência mais assertivos, com a definição de áreas de risco e a elaboração de rotas de evacuação. Segundo Marchezini *et al.* (2017), a criação de mapas de risco e a utilização de dados em tempo real para apoiar decisões durante emergências são essenciais para minimizar os efeitos de desastres e garantir a segurança das populações afetadas. A atuação proativa no monitoramento e na gestão de riscos, possibilitada pelas

geotecnologias, pode salvar vidas e reduzir significativamente os danos materiais e ambientais causados por desastres naturais.

O sensoriamento remoto, por exemplo, é amplamente utilizado para monitorar mudanças no uso da terra, identificar áreas vulneráveis e realizar a previsão de desastres, como secas prolongadas e enchentes. Como afirma segundo Corrêa (2020), a utilização de imagens de satélite e drones permite uma análise detalhada das condições ambientais quase em tempo real, além de possibilitar o monitoramento da dinâmica da paisagem com mais eficiência. Esse tipo de monitoramento é crucial para a antecipação de riscos e para a implementação de ações preventivas que possam minimizar os impactos dos desastres.

A análise multitemporal é uma técnica essencial no campo do sensoriamento remoto, utilizada para estudar mudanças em uma determinada área ao longo do tempo. Ao comparar imagens ou dados de diferentes períodos, é possível identificar transformações significativas em diversos aspectos, como a cobertura e uso da terra, a urbanização e a vegetação. Essa abordagem permite uma visão aprofundada das dinâmicas espaciais e temporais, sendo fundamental para a gestão ambiental, planejamento urbano e monitoramento de desastres naturais (Dandois; Dufourmont, 2014).

Para realizar a análise multitemporal, é necessário coletar dados de diferentes épocas, utilizando imagens de satélite ou fotografias aéreas. A combinação dessas imagens possibilita a observação das mudanças ocorridas em um território específico. O uso de satélites como Landsat, MODIS ou Sentinel oferece uma grande variedade de imagens ao longo dos anos, o que é particularmente útil para acompanhar alterações em áreas extensas e remotas, como florestas ou zonas costeiras (Câmara; Souza, 2009).

Entre as principais vantagens da análise multitemporal, destaca-se a capacidade de detectar alterações graduais, muitas vezes imperceptíveis em uma única imagem. Por exemplo, no monitoramento da vegetação, é possível observar a perda de cobertura florestal ao longo de vários anos, mesmo que cada imagem individual não mostre grandes mudanças (Jain; Khan, 2013). Em termos de aplicação prática, a análise multitemporal é amplamente utilizada em diversos campos, incluindo o monitoramento ambiental, planejamento urbano e o estudo das mudanças climáticas (Turner; Gardner; Houghton, 2015).

Nesse sentido, as geotecnologias oferecem uma vantagem significativa, pois permitem a análise de grandes volumes de dados em tempo real, o que facilita a antecipação e o planejamento de medidas preventivas (Vidal; Neto, 2023). Fatores estes fundamentais para avaliação, no âmbito da gestão de recursos hídricos, das consequências de eventos extremos, tais como secas e enchentes. A utilização dessas tecnologias pode contribuir para a redução dos impactos de desastres naturais e para a proteção das populações mais vulneráveis.

Um exemplo marcante é a crise hídrica enfrentada no Estado de São Paulo, especialmente entre 2014 e 2015, quando a maior crise de abastecimento de água da história do estado afetou milhões de pessoas. Durante esse período, os reservatórios dos principais sistemas de abastecimento chegaram a níveis críticos, gerando racionamento e medidas emergenciais para garantir o fornecimento. A crise evidenciou a necessidade de um gerenciamento mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos, com maior transparência e monitoramento (Soriano *et al.*, 2016).

A crise hídrica em Minas Gerais, provocada pelo rompimento da barragem de Brumadinho em 2019, também ressaltou a importância de um monitoramento constante dos recursos hídricos e a implementação de políticas públicas para evitar desastres relacionados à gestão inadequada da água (Azevedo *et al.*, 2020).

A segurança hídrica na Amazônia enfrenta desafios únicos devido à complexidade ambiental da região e à crescente pressão causada pelo desmatamento, mudanças climáticas e o uso insustentável dos recursos naturais. A Amazônia, que abriga a maior bacia hidrográfica do mundo, do Rio Amazonas, tem experimentado alterações significativas no seu regime hídrico, com episódios de seca intensificados nos últimos anos (Souza Jr. *et al.*, 2019).

A integração de dados espaciais com modelos de simulação, como os hidrológicos, tem um papel decisivo na previsão e mitigação dos efeitos de desastres naturais. Conforme destacam Lima *et al.* (2022), o monitoramento de indicadores físico-hídricos relacionados às mudanças ambientais, como atividades antrópicas que impactam biomas e mudam o uso e ocupação do solo, é fundamental para a gestão de recursos hídricos. Esses indicadores também se mostram relevantes no uso sustentável dos recursos naturais.

Segundo Corrêa (2020), essas tecnologias são essenciais para mapear áreas de risco a inundação e rompimentos de barragens. O mapeamento e a análise dessas informações

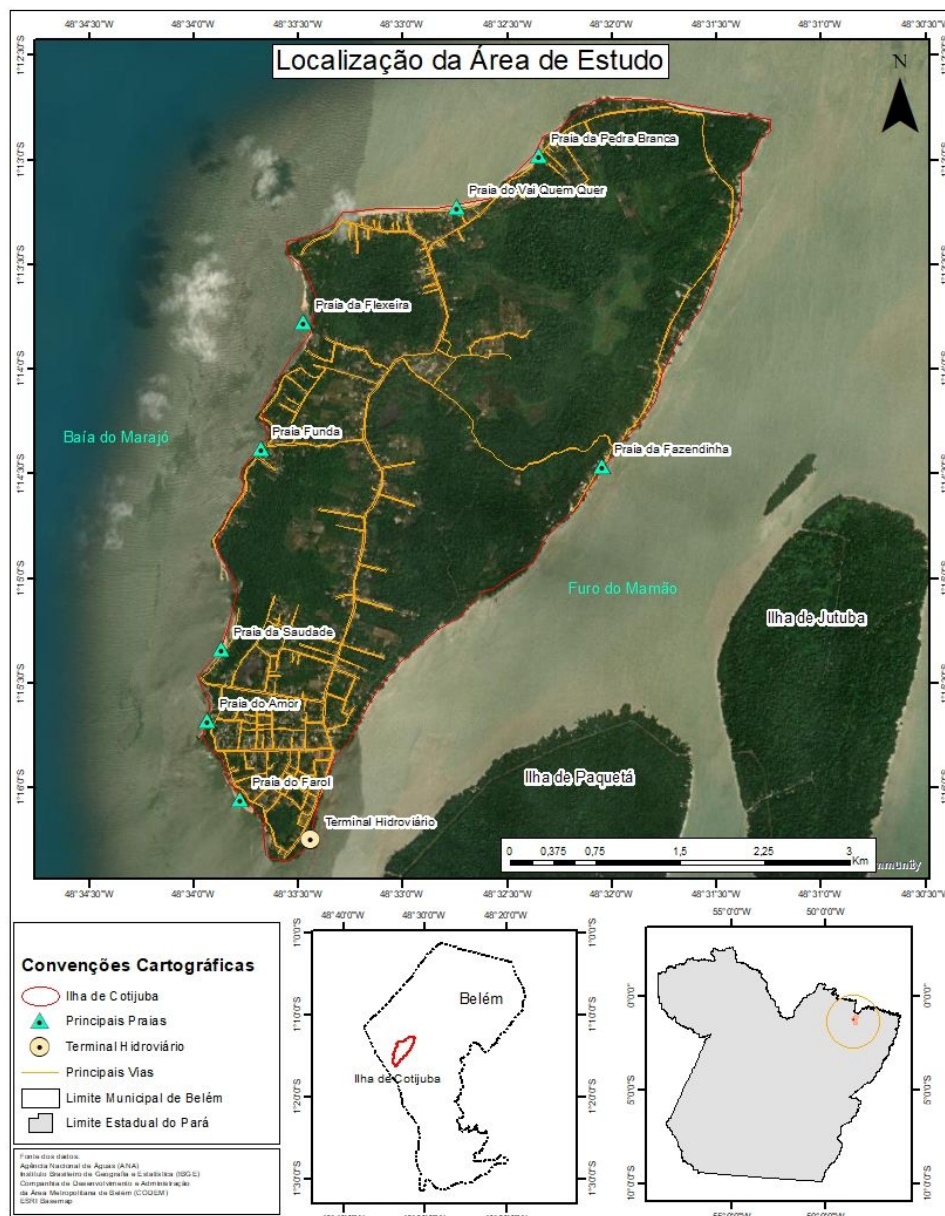
especiais são fundamentais para a gestão eficiente e para a prevenção de crises hídricas. Como ressalta Moraes *et al.* (2022), a colaboração entre diferentes atores, como governos, sociedade civil, setor privado e instituições de pesquisa, é fundamental para a construção de soluções que promovam a segurança hídrica e a sustentabilidade no longo prazo.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

A área de estudo fica na ilha de Cotijuba, pertencente ao município de Belém, no Estado do Pará, no estuário-foz do rio Amazonas, e distante cerca de 22 km da área continental de Belém (Figura 2).

Figura 2- Localização da área de estudo.



Fonte: O autor.

Em tupi, Cotijuba significa “trilha dourada”, provavelmente uma alusão a argila amarelada que compõe boa parte do solo da ilha. Em 1968, durante a ditadura militar, foi construída uma penitenciária na ilha para detentos considerados de alta periculosidade, vindo da parte continental de Belém e adjacências, o qual foi desativado em 1977 e hoje encontra-se em ruínas (Belemtur, 2023).

A ilha possui aproximadamente 15,96 km² de área, e está localizada na região de integração do Guajará, na latitude 1°14'51.44" Sul e longitude 48°32'47.14" Oeste, com uma

altitude média de 4 a 10 metros acima do nível do mar. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, a ilha possui uma população estimada de 3.488 habitantes, classificados em setores censitários. A cobertura natural do solo é típica do bioma Amazônico, com extensa faixa fluvial, marcada pela várzea, e terra firme na porção central caracterizada por uma rica biodiversidade de fauna e flora.

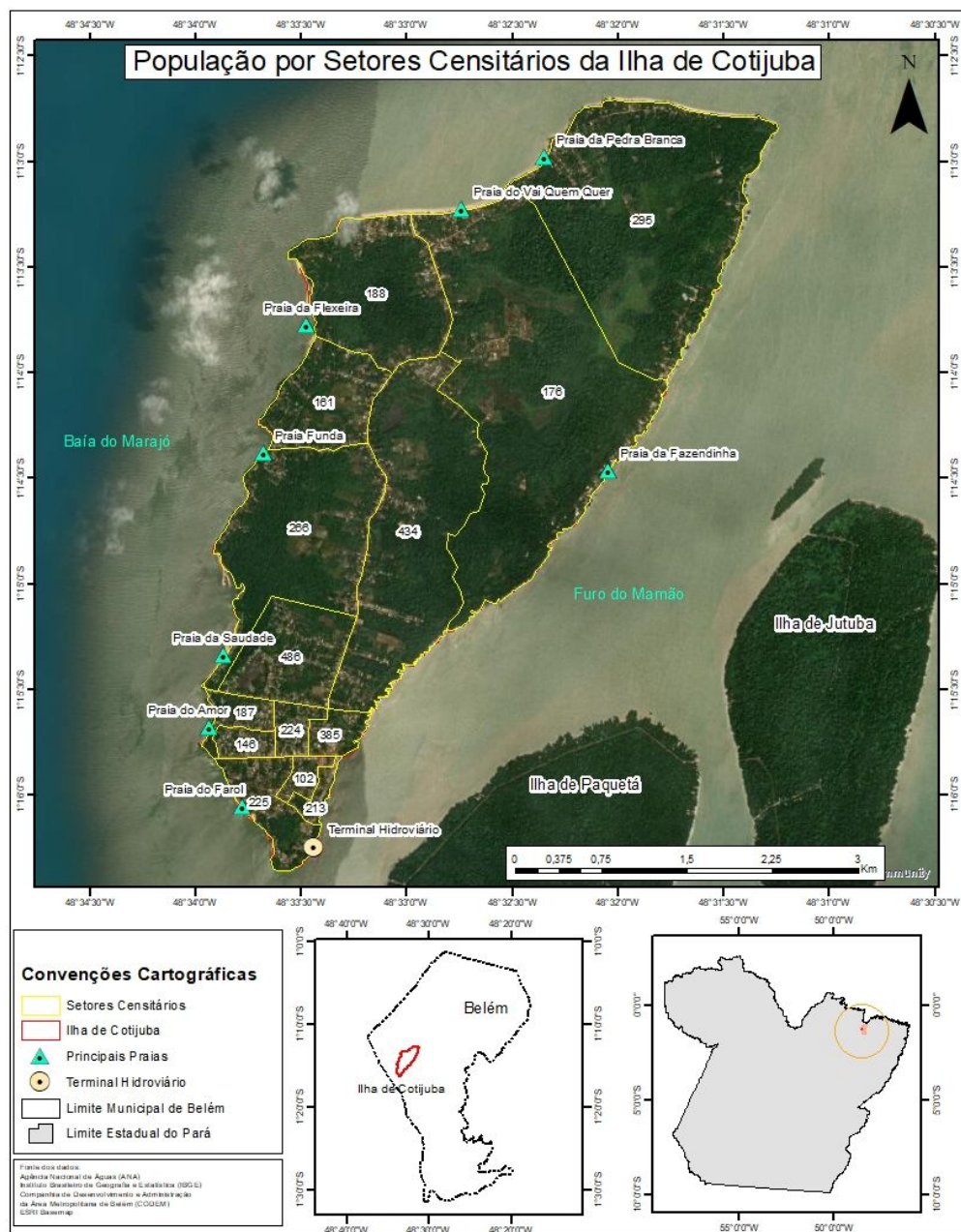
O acesso a ilha de Cotijuba é feito através do terminal hidroviário de Icoaraci, através de um navio que faz viagens diariamente fornecido pela prefeitura de Belém, com saída às 9 da manhã e retorno às 17h, com valor da passagem igual ao custo do transporte rodoviário de Belém, ou através de barcos menores de propriedade das cooperativas de barqueiros locais (Belemtur, 2023).

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB) é quem realiza os serviços relativos a abastecimento de água e rede de esgoto, sendo que através de dados do IBGE, a maioria das residências possui fossa séptica. A companhia elétrica Equatorial fornece energia elétrica, e o gerenciamento de resíduos sólidos é realizado pela Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), porém não há tratamento e reciclagem de resíduos sólidos (Belém, 2020).

A circulação de veículos automotores como carros e caminhões, foi vedada na ilha de Cotijuba, através da Lei Municipal nº 7768/95 de 02 de outubro de 1995, excetuando-se motos particulares de moradores, ou veículos que prestem serviços de saúde, produção, comércio, proteção policial e escoamento agrícola.

A ilha de Cotijuba possui cerca de 14 malhas censitárias, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as quais têm uma variação populacional entre 102 e 486 habitantes. Acompanhando a dinâmica de ocupação histórica da ilha de Cotijuba, as maiores concentrações populacionais estão próximas ao terminal hidroviário na parte sul da ilha, além da expansão nas últimas décadas para a praia do Vai-Quem-Quer e Pedra Branca, que é um dos principais destinos dos turistas que visitam a ilha (figura 03).

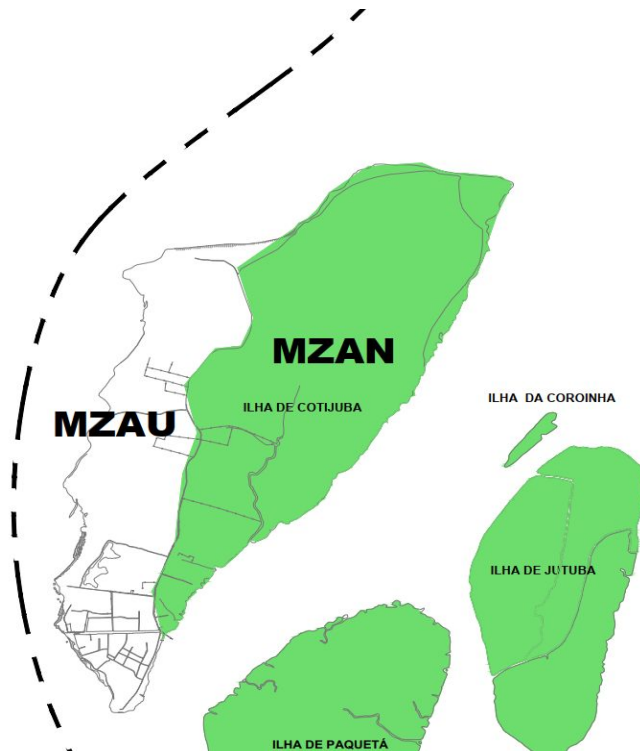
Figura 3- População por setores Censitários da Ilha de Cotijuba.



Fonte: O autor.

É vinculada ao Distrito Administrativo de Outeiro (DAOOUT), e está dividida em duas macrozonas (Figura 4), que são a Macrozona do Ambiente Urbano (MZAU), situada nas zonas oeste e sul, e a Macrozona do Ambiente Natural (MAZAN), localizada nas zonas norte e leste da Ilha, e regida pela Lei Municipal de nº 7.682 de 1995 (Belém, 2020).

Figura 4- Macrozoneamento da Ilha de Cotijuba.



Fonte: Adaptado da Prefeitura de Belém (2008).

Em concordância com o plano diretor de Belém (Belém, 2008), o macrozoneamento do ambiente urbano, se localiza inicialmente próximo ao terminal hidroviário da ilha, e é onde estão localizadas as praias que possuem maior fluxo turístico, e é onde há maior intervenção antrópica. Já o macrozoneamento do ambiente rural, é formado principalmente por campos, florestas (vegetação ombrófila densa), além da presença de lagos e igarapés (Figuras 5 a 7).

Figura 5- Área urbanizada.



Fonte: Fapespa (2024) e Silva (2021).

Figura 6- Terminal hidroviário da ilha de Cotijuba.



Fonte: Agência Belém (2019).

Figura 7- Região de lagos.



Fonte: Fapespa (2024), Silva (2021).

4.2 Materiais

A pesquisa tem como base de informações secundárias:

- Pesquisa bibliográfica em dissertações, artigos científicos, fontes jornalísticas e órgãos públicos (Dados públicos).
- Base cartográfica vetorial em formato *shapefile* (.shp) adquirida por meio digital (site), elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, ano 2019 (Dados públicos).
- Base cartográfica vetorial em formato *shapefile* (.shp) adquirida por meio digital (site), elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, ano 2022 (Dados públicos).
- Base cartográfica vetorial adquirida por meio digital (presencialmente), elaborada pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém - CODEM, ano 2016 (Dados públicos).
- Série histórica de arquivos *raster* do projeto MapBiomias coleção 9, para geração de mapas de uso e ocupação do solo da ilha de Cotijuba, nos anos de 1985,1998,2010 e 2023.

- Série histórica de imagens de Satélite Landsat 5, da órbita-ponto 223/061, sensor TM (*Thematic Mapper*), bandas 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm) e 5 (1,55 - 1,75 μm), das seguintes datas: 31/08/1985, 19/08/1998 e 10/07/2010, composição colorida 5, 4 e 3, adquiridas no site do Serviço Geológico Norte Americano (USGS¹), a fim de complementar os mapas de uso e ocupação do solo do MapBiomias (Dados públicos).
- Série histórica Imagem Landsat 8, órbita-ponto 222/062, 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: 23/07/2023, composição colorida 6,5,4 afins de complementar os mapas de uso e ocupação da terra do USGS (Dados públicos).
- Imagens de Radar Copernicus Global DEM com resolução espacial de 30 metros, para servir de subsídio aos mapas altimétricos (Dados públicos).

Em termos de produção de dados primários foram realizadas diversas incursões em campo para mapeamento de pontos de interesse para a contribuir com a construção do painel da segurança hídrica e aplicação do *checklist* (listagem de verificação) junto a moradores e comerciantes.

4.2.1 Softwares

Os softwares utilizados para operações envolvendo geoprocessamento e sensoriamento remoto, como classificação da área de estudo, análise espacial, geoestatística, organização de dados tabulares e construção de modelos semiautomatizados, foram: Qgis versão 3.32.1, ArcGIS versão 10.7.1, esta cedida pela SEMAS-PA durante o projeto, pacote office 365 (Word e Excel), além de softwares da Google, como o Google Earth e Google Earth Engine.

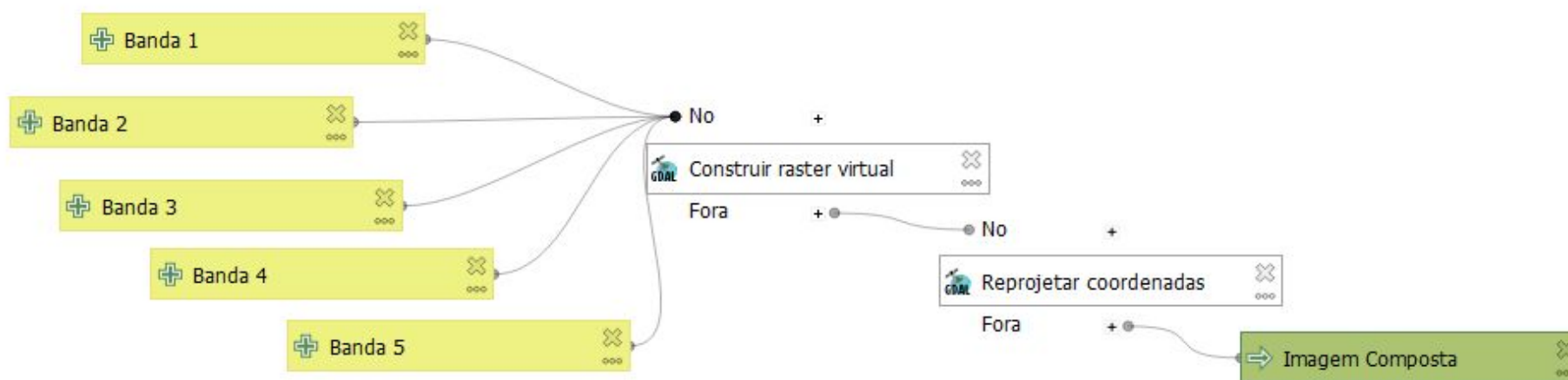
4.2.2 Aquisição e processamento de imagens de satélite dos anos de 1985, 1998, 2010 e 2023

A etapa inicial foi constituída pela seleção de imagens Landsat 5 e 8 da área de estudo para gerar mapas temáticos de ocupação da terra, no caso a ilha de Cotijuba, através do USGS. O formato *raster* utilizado foi o *Geotiff*, em projeção geográfica e Datum original WGS 84.

¹ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

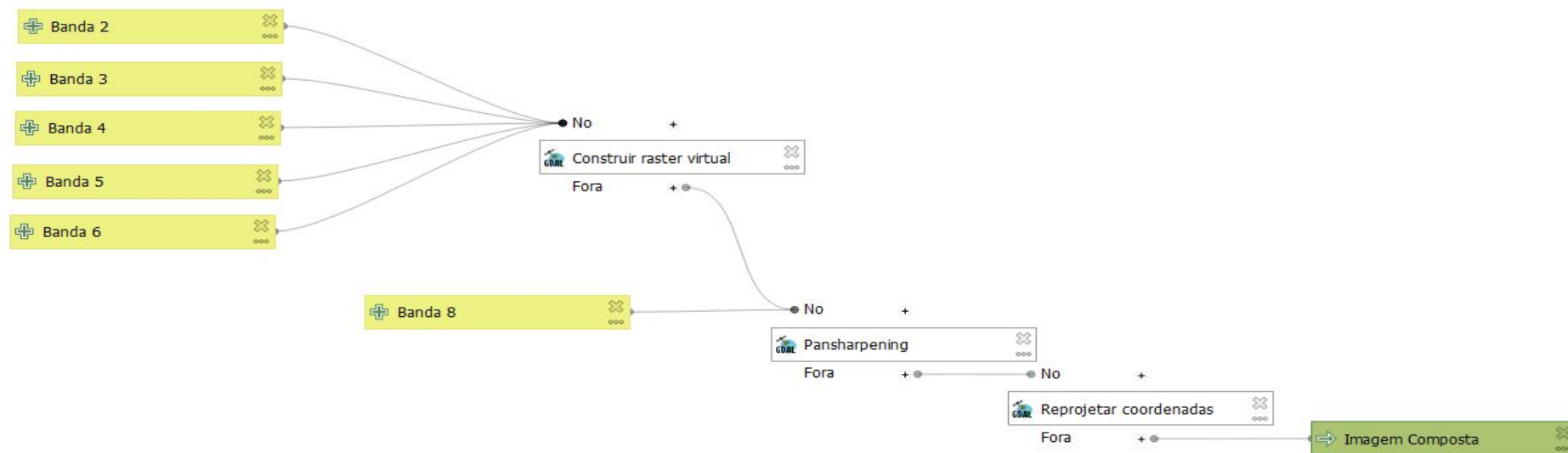
Como procedimento complementar de padronização de uso, as imagens foram compostas em RGB e reprojetadas no Datum SIRGAS 2000, coordenadas geográficas, com elipsoide 4674, através de um modelo automatizado cedido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), para o software Qgis (Figuras 8 e 9).

Figura 8- Modelo para Qgis, para composição e reprojeção de dados matriciais para Landsat 5 de forma automatizada.



Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas, 2024).

Figura 9- Modelo para Qgis, para composição e reprojeção de dados matriciais para Landsat 8 de forma automatizada.



Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas, 2024).

Após este procedimento, as imagens Landsat 5 passaram pelo processo de correção geométrica, que é uma etapa essencial para garantir que as imagens estejam corretamente posicionadas no espaço, ou seja, que elas representem de forma precisa as coordenadas geográficas do mundo real. Esse processo visa corrigir distorções provocadas por diversos fatores, como a topografia, a órbita do satélite, a inclinação da superfície e a rotação da Terra.

O georreferenciamento das imagens Landsat 5 foi realizado no software ArcGIS 10.7, o qual é um processo fundamental para ajustar uma imagem ou mapa a um sistema de coordenadas geográficas ou projetadas, garantindo que os dados espaciais correspondam a um local específico no mundo real. O método utilizado foi o comparativo imagem-imagem, no qual uma imagem já georreferenciada serve de parâmetro para outra que se pretende georreferenciar, desde que as imagens tenham as mesmas características quanto a tamanho de linhas e colunas, além de resolução espacial equivalente.

A coleta de pontos de controle de cenas (CGP) segue os critérios de qualidade utilizando como referência o valor do RMS (*Root Mean Square Error*), ou erro médio quadrático, que é um indicador da qualidade da transformação e do alinhamento da imagem. O RMS é calculado com base na diferença entre as coordenadas dos pontos de controle na imagem original e as coordenadas previstas após a transformação. Ou seja, ele mede o erro médio de ajuste entre a localização real e a posição corrigida da imagem. Para as cenas Landsat 5 utilizadas neste trabalho, o erro médio quadrático (RMS) aceitável, foi entre 0,2 e 0,5 pixels.

4.2.3 Aquisição e processamento de dados do Projeto MapBiomass

O MapBiomass é uma plataforma de dados geoespaciais que cria mapas da cobertura e uso da terra no Brasil, a partir da análise de imagens de satélite, utilizando um conjunto robusto de ferramentas e algoritmos de inteligência artificial². O projeto é coordenado por uma rede de organizações e especialistas em geotecnologias e meio ambiente, incluindo ONGs, universidades e institutos de pesquisa. A principal característica do MapBiomass é o seu foco na temporalidade e detalhamento espacial, fornecendo mapas anuais da cobertura do solo desde 1985 até os dias atuais.

² <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>

Para esta dissertação, utilizou-se a coleta de dados do MapBiomas utilizando a plataforma de processamento em nuvem Google Earth Engine (GEE) e código disponibilizado (Figura 10), os quais foram selecionadas a última coleção disponível (9), e os anos de 1985,1998,2010 e 2023 para gerar os mapas de uso e ocupação do solo da ilha de Cotijuba.

Figura 10-Método de aquisição de arquivos imagem Raster do MapBiomias

The screenshot displays the Google Earth Engine (GEE) interface. On the left, a script named 'mapbiomas_col9' is visible, containing a function 'convert2table' that processes a dictionary of classes and areas. The script is as follows:

```

85 ~ convert2table: function (obj) {
86 ~   obj = ee.Dictionary(obj);
87 ~   var classesAndAreas = ee.List(obj.get('groups'));
88 ~   var tableRows = classesAndAreas.map(
91 ~     function (classAndArea) {
92 ~       classAndArea = ee.Dictionary(classAndArea);
93 ~       var classId = classAndArea.get('class');
94 ~       var area = classAndArea.get('sum');
95 ~       var tableColumns = ee.Feature(null)
96 ~     }
97 ~   );
98 ~   var tableColumns = ee.Feature(null)
99 ~ }

```

On the right, the 'Inspector' panel shows a list of submitted tasks, including 'mapbiomas-brazil-collection-90-belem-2021_2023' and several other collections for the years 2010, 2011, 1998, and 1999. Below the tasks, the 'Properties' panel shows the selected layer 'NM_MUN' with a 'Belém' feature. The 'Data Type' is set to 'Coverage' and the 'Buffer' is 5km. The 'Layers' panel shows a list of years from 2018 to 2023, with 'Belém 2018' selected.

The main map area shows a satellite view of Belém, Brazil, with various districts and roads labeled. The map is centered on the city of Belém, with the Amazon River and surrounding areas visible.

Fonte: Adaptado do Google Earth Engine e plataforma Mapbiomas (2024).

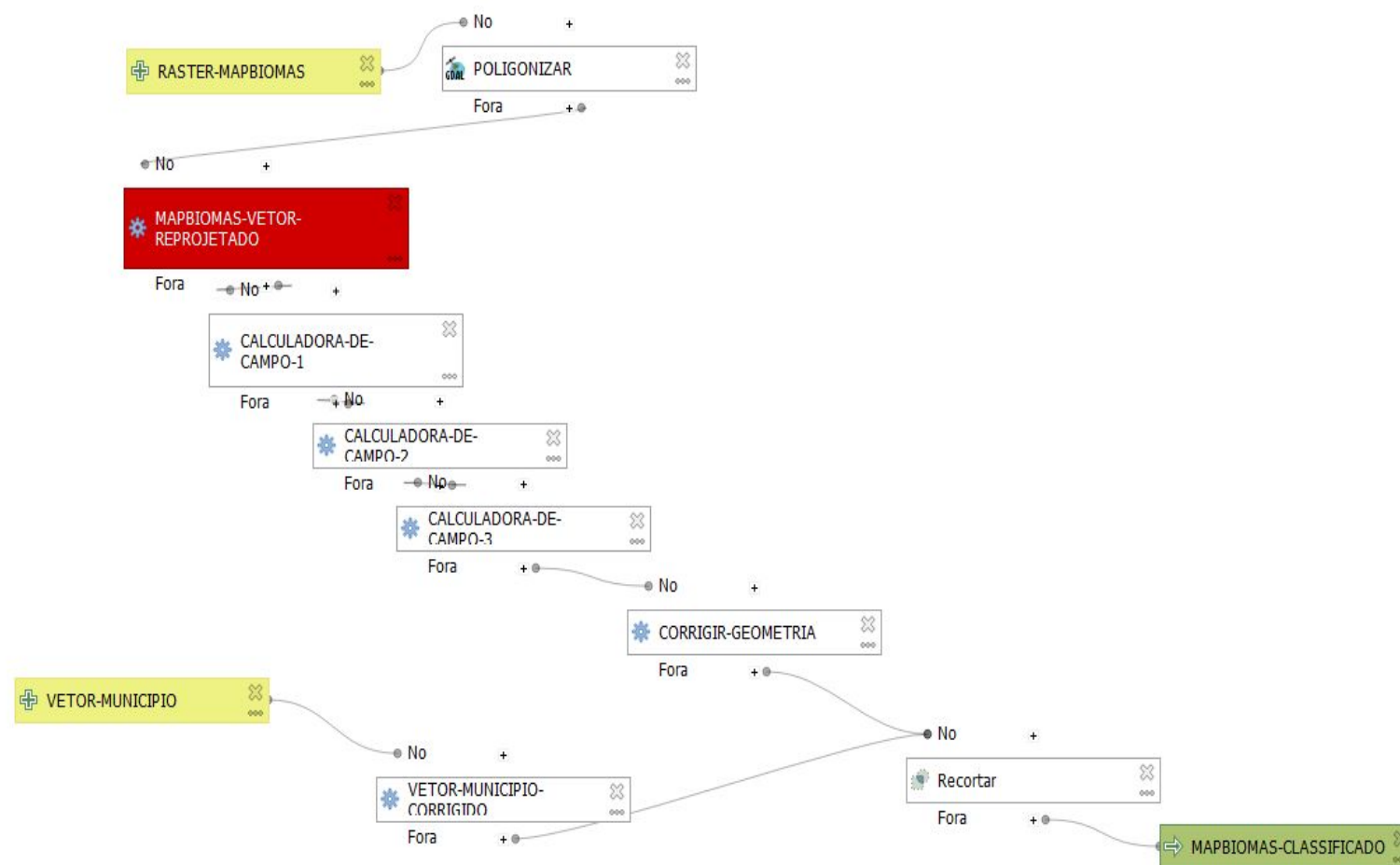
Na plataforma do GEE, após adicionar a linha de programação, o primeiro item a ser selecionado é o campo de região em “*Region*” devendo ser “*mapbiomas-brazil*”; em seguida opta-se em escolher a coleção em “*Collection*” como sendo “*collection-9.0*”; posteriormente deve ser selecionada a Escala em “*Tables*” devendo ser “*city*”; o próximo item a ser selecionado é o tipo de informação coletada em “*Properties*” sendo “*name_pt_br*”, o Município deve ser selecionado em “*Feature*” onde a opção selecionada é “nome do município a ser baixado”; a seguir deve-se selecionar o Tipo de Informação em “*Data Type*” sendo a opção “*Coverage*” para cobertura do solo em ano específico (de 1985 a 2023).

Após escolher a área de interesse, no caso Belém do Pará, o qual a ilha de Cotijuba faz parte, o Google Earth Engine gera um arquivo *raster* com o ano de selecionado, sendo então necessário o uso de um software de SIG para o tratamento da informação, convertendo o arquivo *raster* de imagem no formato “**.tif*” para vetor em formato *shapefile* “**.shp*” através de um processo de Poligonização/Vetorização, tornando o arquivo uma classificação. A Poligonização irá gerar vários ID’s no arquivo shapefile, representando as classes do mapeamento da cobertura da terra³.

Para converter as informações em *raster* adquiridas do Google Earth Engine, para os anos escolhidos, foi utilizado um modelo de ferramenta desenvolvido para o QGIS (Figura 11), e cedido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), o qual através da inserção do arquivo *raster* e da área de interesse, são extraídas de forma automática as classificações de cobertura do solo de acordo com a nomenclatura de classificação de uso da terra utilizada pelo MapBiomas, com as devidas correções de geometria, restando apenas o cálculo de área e separação das classes de análise, e no caso de Cotijuba, do recorte da área em relação ao município de Belém, o qual a ilha está inserida.

³ <https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>

Figura 11- Modelo para Qgis, para geração automatizada de dados vetoriais de uso e ocupação da terra.



Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas, 2024).

4.2.4 Aquisição e processamento de dados de altimetria

Para geração de dados altimétricos da ilha de Cotijuba, foram utilizados dados do Copernicus Global DEM, e suas imagens são úteis para uma variedade de aplicações, como monitoramento de desmatamento, agricultura, mapeamento de áreas inundadas e estudos de deformações do terreno.

A obtenção do MDE foi realizada por meio do complemento *OpenTopography* no software QGIS. O dado utilizado foi o Copernicus Global DEM com resolução espacial de 30 metros. A área de interesse foi delimitada sobre a Ilha de Cotijuba e os dados foram baixados diretamente pelo complemento.

Com o MDE carregado no QGIS, foi realizado o recorte da área correspondente à ilha de Cotijuba. O recorte foi feito utilizando a ferramenta de máscara espacial dentro do complemento *OpenTopography* DEM, garantindo que apenas os dados relevantes fossem mantidos para a análise.

Para padronização da projeção cartográfica e adequação ao sistema métrico, o *raster* foi reprojetoado para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000, chamado de SIRGAS 2000, utilizando a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) no fuso 22 Sul.

Após a reprojeção, a altimetria da Ilha de Cotijuba foram geradas cinco classes altimétricas para melhor interpretação dos dados de elevação, conforme descrito a seguir:

- ✓ 0m - 10m
- ✓ 10m - 20m
- ✓ 20m - 30m
- ✓ 30m - 44m

Essas classes foram definidas com base na variação altimétrica da ilha, possibilitando a visualização da distribuição das elevações e facilitando a interpretação dos padrões do relevo da região.

A metodologia empregada permitiu a extração, processamento e análise dos dados altimétricos da ilha de Cotijuba de forma eficiente, garantindo precisão e coerência com as necessidades do estudo.

4.2.5 Aquisição de dados de campo

Através da ida a campo em períodos diferentes, especificamente nos meses de julho e dezembro de 2024, foram coletadas informações para a criação do painel de segurança hídrica

da ilha de Cotijuba, através de checklist realizado com pessoas em pousadas e comerciantes em geral.

Os dados auxiliares foram coletados com o receptor GNSS Garmin/Etrex30 compatível com a recepção dos sinais do GPS/NAVSTAR, para mapeamento dos estabelecimentos comerciais visitados, para posterior produção de mapa temático com o respectivo mapeamento, e aparelho celular para registro fotográfico local de condições aparentes de saneamento básico, infraestrutura da ilha e coleta de resíduos sólidos, dentre outros.

4.3 Método

A pesquisa tem como base de informações secundárias Pesquisa bibliográfica em dissertações, artigos científicos, fontes jornalísticas e órgãos públicos, sobre ocorrências e discussões sobre segurança hídrica em geral, aplicada ao contexto de gestão de riscos e desastres.

O processamento digital de imagens *raster* e o tratamento dos dados cartográficos vetoriais foram realizados com o auxílio dos programas ArcGIS 10.7, QGIS 3.33 e Google Earth Engine.

Foram também utilizadas imagens de satélite TM/Landsat5 e OLI/Landsat 8 para verificar qualitativamente o histórico de uso e ocupação na ilha de Cotijuba, e geração de mapas temáticos.

De forma primária, foram escolhidas no banco de dados da USGS, as imagens de satélite mais adequadas, como baixa cobertura de nuvem, com filtro de até 20% e nas datas entre maio e agosto dos anos de análise (1985, 1998, 2010 e 2023), órbita-ponto 223/061, e com a Landsat 5, bandas 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm) e 5 (1,55 - 1,75 μm), composição colorida 543; e a Landsat 8 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.

Afins de precisão quando a elaboração de mapas temáticos, as imagens do satélite Landsat 5, dos anos de 1985, 1998 e 2010, passaram pelo processo de correção geométrica. A correção geométrica de imagens de satélite é um processo fundamental para ajustar distorções presentes nas imagens adquiridas, garantindo que elas correspondam corretamente às

coordenadas geográficas reais da superfície terrestre. Essas distorções podem ser causadas por diversos fatores, como a curvatura da Terra, a inclinação da órbita do satélite, erros no sensor e efeitos atmosféricos.

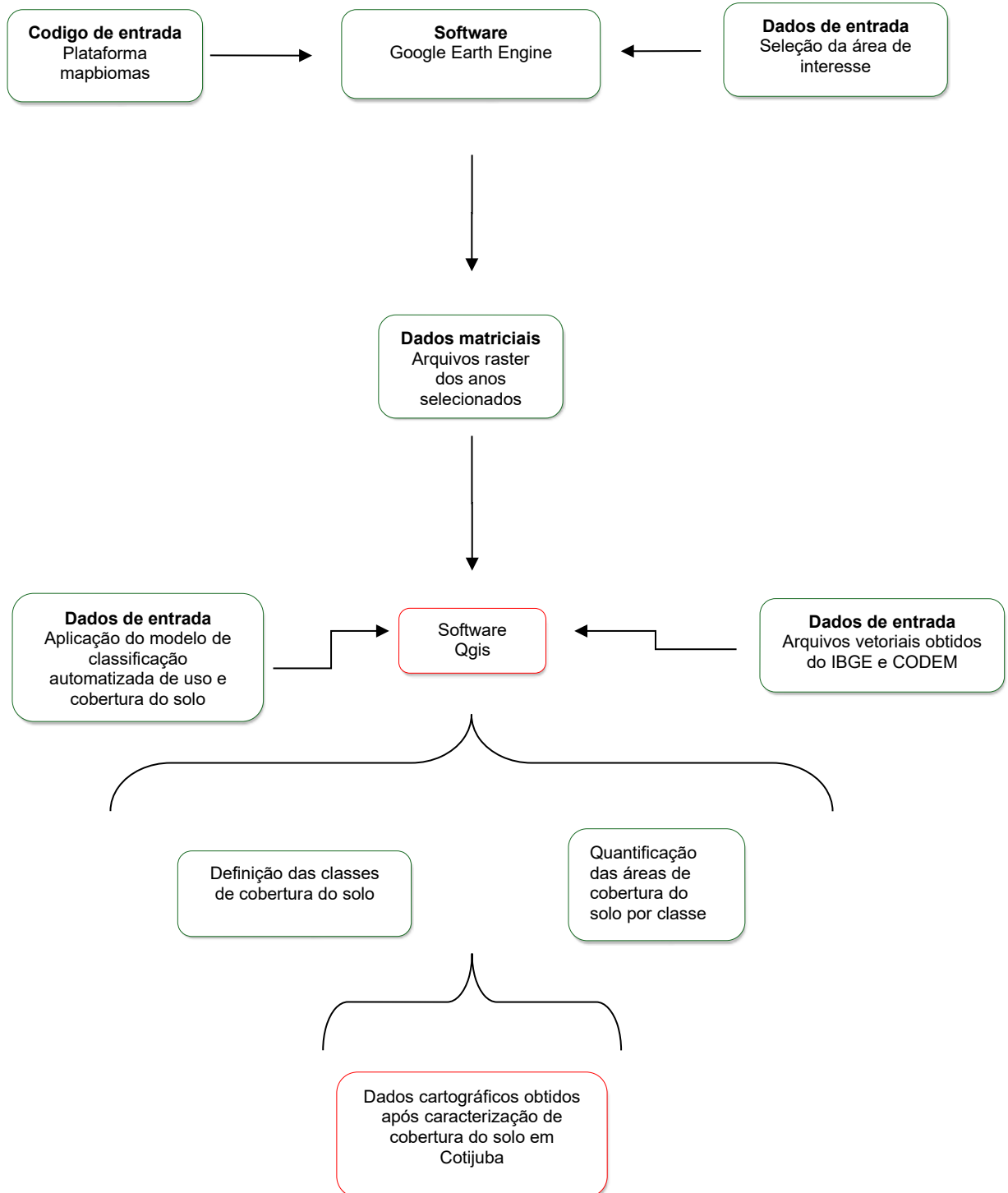
Para a avaliação quantitativa referente ao uso e ocupação do solo, foram utilizados dados da plataforma MapBiomas coleção 9, dos anos de 1985, 1998, 2010 e 2023, e processados e classificados através de um modelo automatizado desenvolvido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), Diretoria de Geotecnologias, e cedido para a realização deste trabalho, e posterior geração de mapas e gráficos comparativos do processo de uso da terra na ilha de Cotijuba no intervalo de 39 anos, entre 1985 e 2023.

As classes de uso e ocupação da terra originárias geradas pelo MapBiomas, foram Apicum, Área Urbanizada, Campo Alagado e Área Pantanosa, Floresta Alagável, Formação Campestre, Mangue, Outras Áreas Não Vegetadas, Pastagem e Rio, Lago e Oceano.

Para melhor compreensão e didática na classificação de uso e ocupação da terra, as classes foram inseridas em formação natural e uso antrópico, seguindo a recomendação presente na plataforma MapBiomas.

As classes Apicum, Área Urbanizada, Campo Alagado e Área Pantanosa, Floresta Alagável, Formação Campestre, Mangue, Rio, Lago e Oceano, estão incluídas como “formação natural”, e as classes de Outras Áreas Não Vegetadas, Pastagem e Área Urbanizada estão inclusas como “Uso Antrópico”. Na Figura 12, ilustra a forma de aquisição e processamento destes dados.

Figura 12- Organograma da metodologia utilizada para gerar os dados de uso e ocupação do solo.



Fonte: O autor.

Na continuação da representação cartográfica e com subsídio da imagem de radar Copernicus Global DEM, bem como dos dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Agência Nacional de Águas (ANA), e da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM) foi gerada uma carta caracterizando a ilha de Cotijuba com componente altimétrico.

Para desenvolvimento do Painel de Segurança Hídrica, foi utilizada a metodologia de Lima, Ferreira e Costa (2020), a qual utiliza percepção ambiental como veículo de compreensão do meio ambiente e seleção dos indicadores de segurança hídrica que melhor se aplicam a ilha de Cotijuba.

O preenchimento do painel de segurança hídrica, foi baseado na seguinte pergunta “*O que é feito que contribui ou dificulta o acesso à água para as atividades que executo?*”, e assim foram refletidos através da aplicação do checklist, quais ações o qual são associadas o uso da água, favorecem ou não favorecem a disponibilidade de água para as atividades realizadas. A mesma lógica foi aplicada para gestão de resíduos sólidos (Lima; Ferreira; Costa, 2020).

Foi realizado *in loco* um mapeamento das atividades produtivas da ilha, para subsidiar a construção do “Painel da Segurança Hídrica”, bem como aplicação de checklist com comerciantes locais, para a partir da percepção ambiental destes, também gerar dados para ajudar a compor o painel.

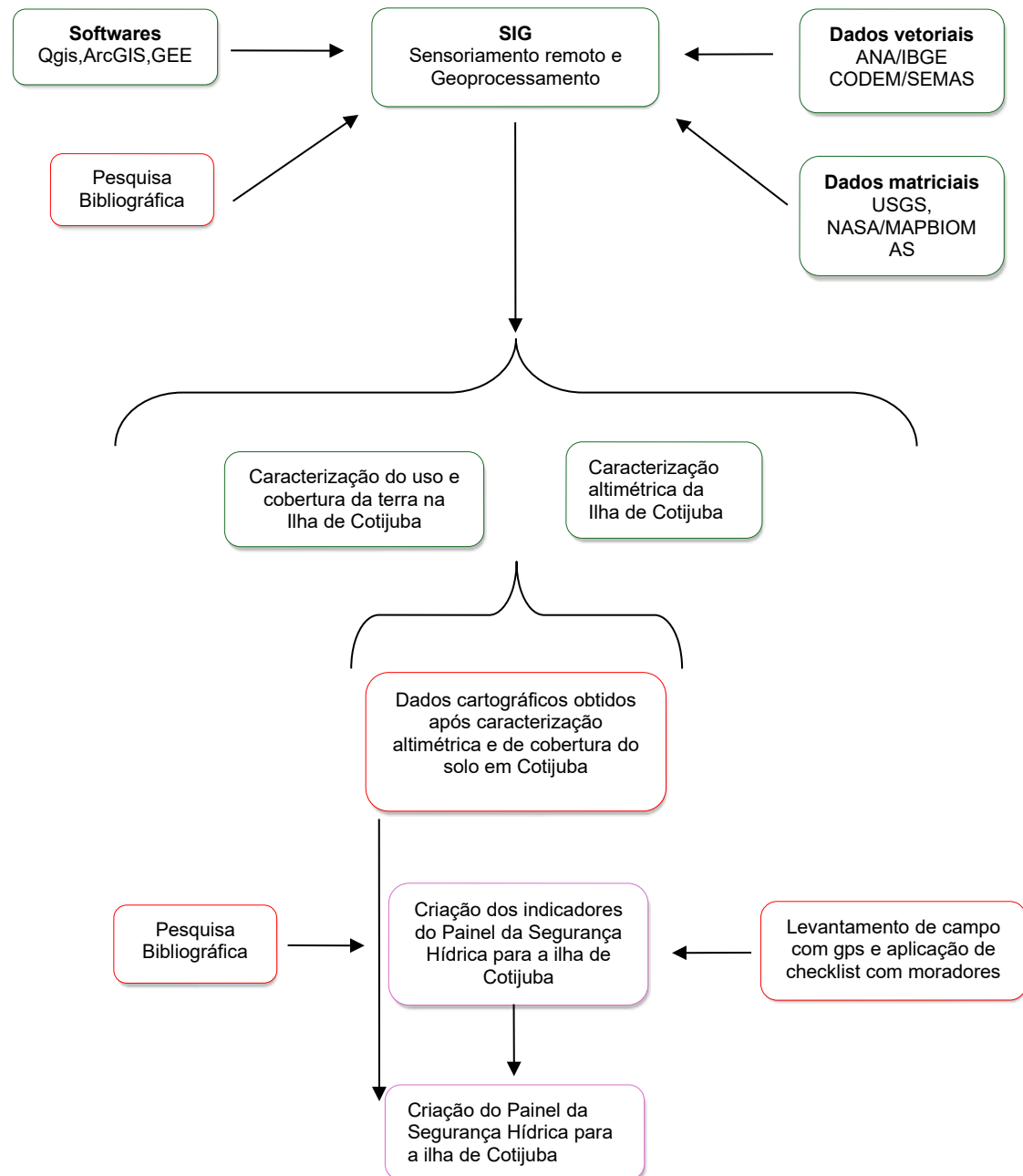
O checklist conforme o referencial teórico adotado envolveu, além de informações disponibilizadas por órgãos oficiais, as temáticas de:

Meio Ambiente: uso da água (acesso, fonte de água, formas de tratamento, impactos na saúde e qualidade em geral), destinação de resíduos (frequência de coleta, limpeza de logradouros, coleta seletiva) e manejo do solo/floresta (uso e ocupação do solo);

- Ações Sociais (educação e saneamento básico);
- Economia (atual infraestrutura da ilha, comércio e turismo);
- Oportunidades (mobilidade urbana e energia),

A Figura 13 resume as etapas a serem consideradas. Estas agrupam uma fase de sistematização das informações em um sistema de informações geográficas (SIG) e outra de levantamento de indicadores que caracterizem a segurança hídrica conforme metodologia de Lima, Ferreira e Costa (2020).

Figura 13- Organograma da metodologia.



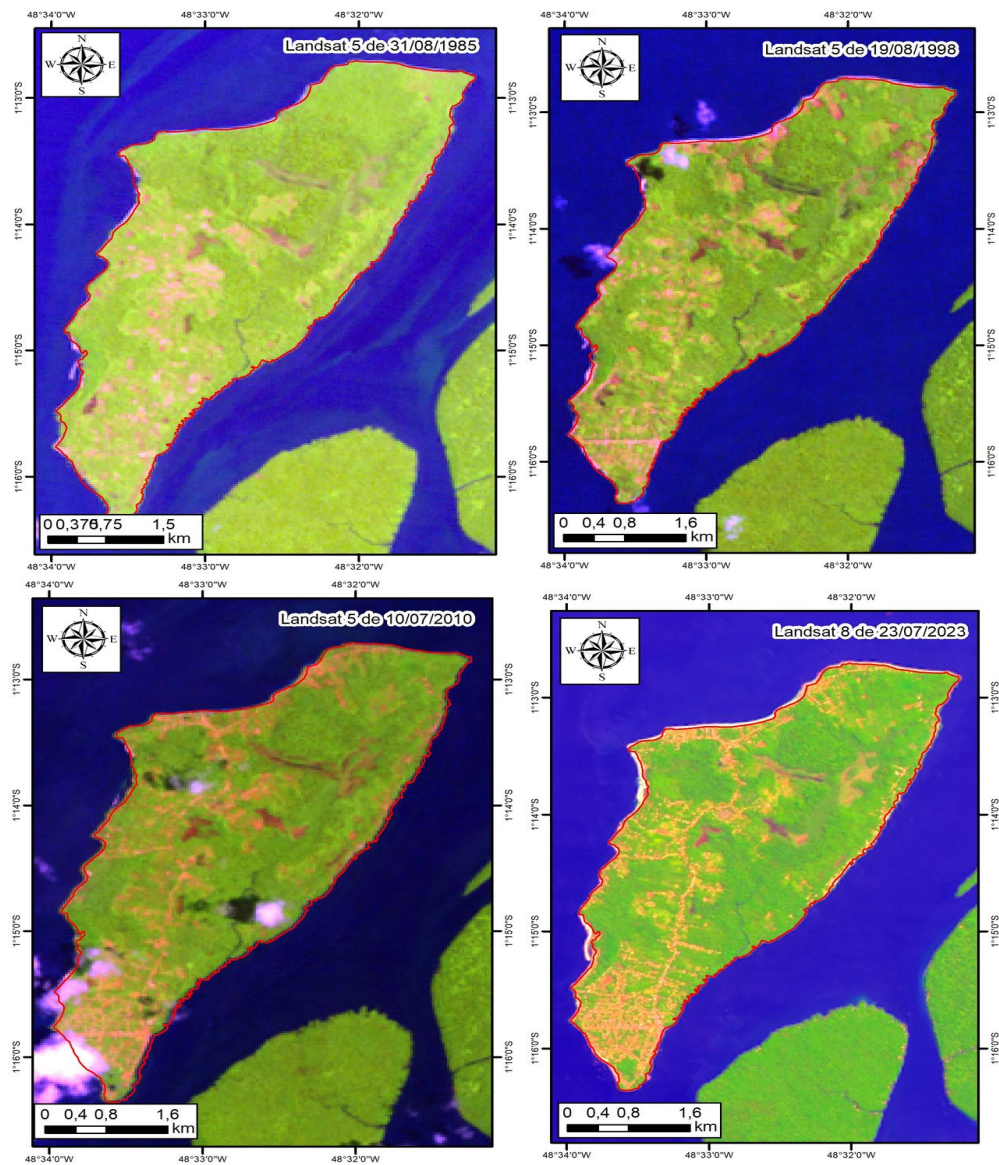
Fonte: O autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise Multitemporal do uso e Ocupação da Terra

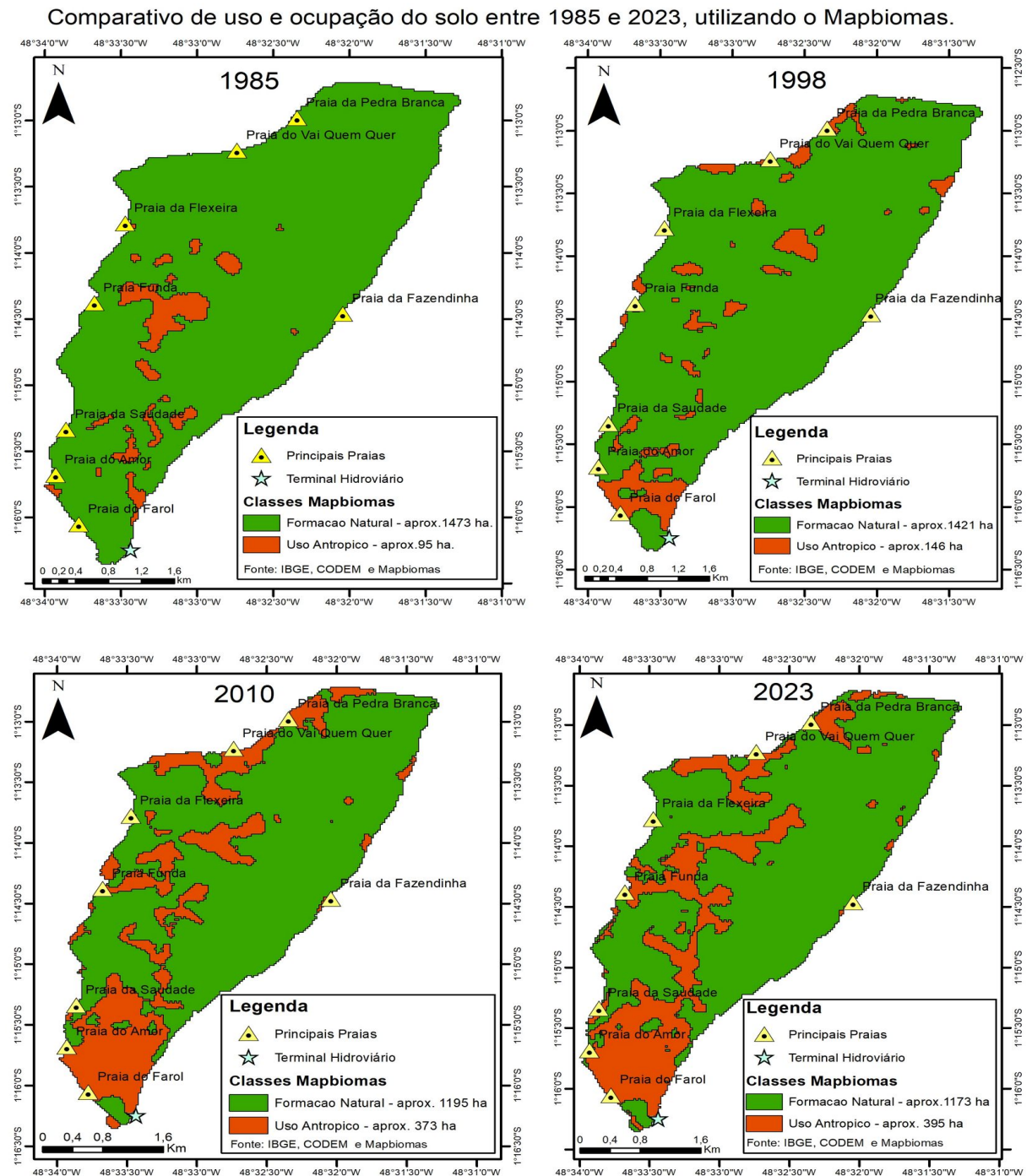
Nas Figuras 14 e 15, são mostrados os mapas de uso e cobertura da terra comparando os anos de 1985, 1998, 2010 e 2023, utilizando imagens Landsat 5 e 8, e dados do projeto MapBiomás.

Figura 14- Representação cartográfica com imagens Landsat 5 e 8, em composição falsa-cor da ilha de Cotijuba, no período 1985 até 2023.



Fonte: O autor.

Figura 15- Representação cartográfica da ilha de Cotijuba, no período 1985 até 2023, utilizando dados da plataforma MapBiomas.



Fonte: O autor.

As classes representadas nos mapas foram divididas em “Uso Antrópico”, que abrange as classes de Pastagem, Área Urbanizada e Outras Áreas Não Vegetadas, e a de “Formação Natural”, que abrange as classes de Apicum, Campo Alagado e Área Pantanosa, Floresta Alagável, Formação Campestre, Formação Florestal, Mangue, Rio Lago e Oceano. Esta classificação segue uma das metodologias adotada pelo MapBiomas para representação de uso a ocupação da terra.

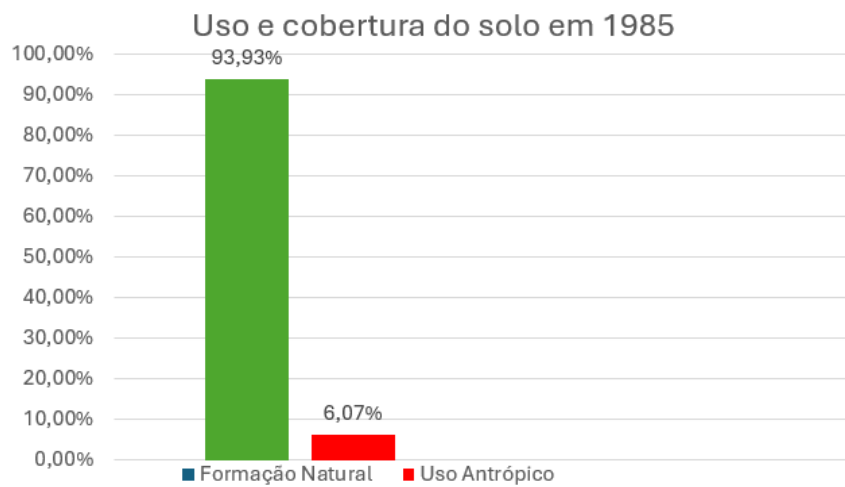
Através dos dados obtidos na plataforma MapBiomas, e processados para representar a área da ilha de Cotijuba conforme a Figura 16, tem-se como principais resultados, o aumento total de aproximadamente 18% de áreas de uso antrópico entre 1985 e 2023, que são áreas de acordo com a classificação do MapBiomas, que incluem área de pastagem, área urbanizada e outras áreas não vegetadas. A classe de uso antrópico que teve um incremento maior foi a de pastagem, com aumento de aproximadamente 14,56% no período de 1985 e 2023.

Nas Figuras 16 a 20 ilustram a evolução do incremento do uso e ocupação da terra, em percentual, na ilha de Cotijuba, utilizando dados do MapBiomas, do ano de 1985 até 2023. Nas áreas chamadas de formação natural houve um decréscimo total de aproximadamente 24% entre 1985 e 2023, com destaque para maior perda de cobertura florestal, para a classe de Formação Florestal, que teve uma diminuição de aproximadamente 20% no período analisado.

No ano de 1985, a maior parte da ilha era composta por formação natural, com destaque para a classe de Formação Florestal, que correspondia por 1,1 ha, ou 70,18% do total de uso e cobertura do solo da ilha. Praias como Vai-Quem-Quer, Pedra Branca e Fazendinha, tinham apenas pequenos ramais de acesso. As áreas de uso antrópico em 1985 resumiam-se a ocupação inicial da ilha, próximo ao terminal hidroviário Antônio Tavernard, e algumas áreas de pastagem ao norte.

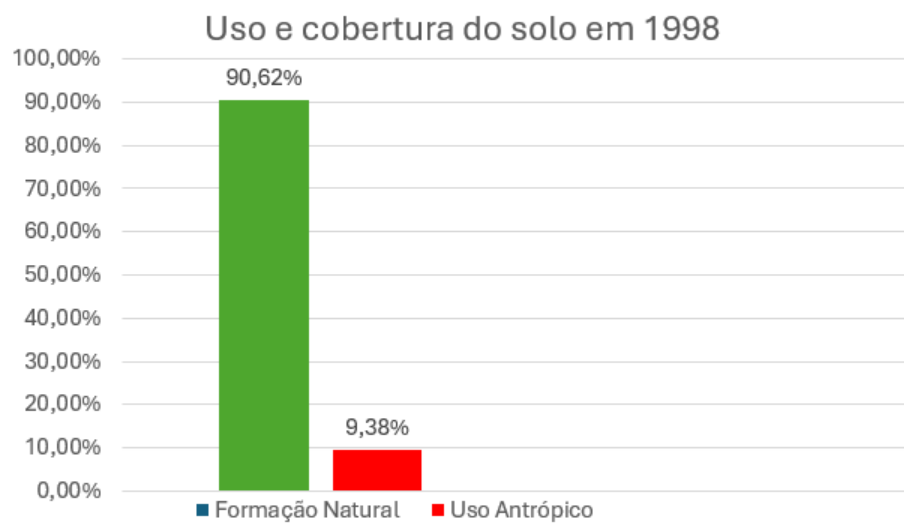
Em 1998, observa-se uma expansão gradual de ocupação para a direção noroeste da ilha, em direção da praia do Vai-Quem-Quer e Pedra Branca, além de uma consolidação na área do Terminal hidroviário até a Praia do Farol, de área classificada como pastagem e área urbanizada segundo o MapBiomas.

Figura 16- Uso do solo em 1985 utilizando dados do MapBiomass.



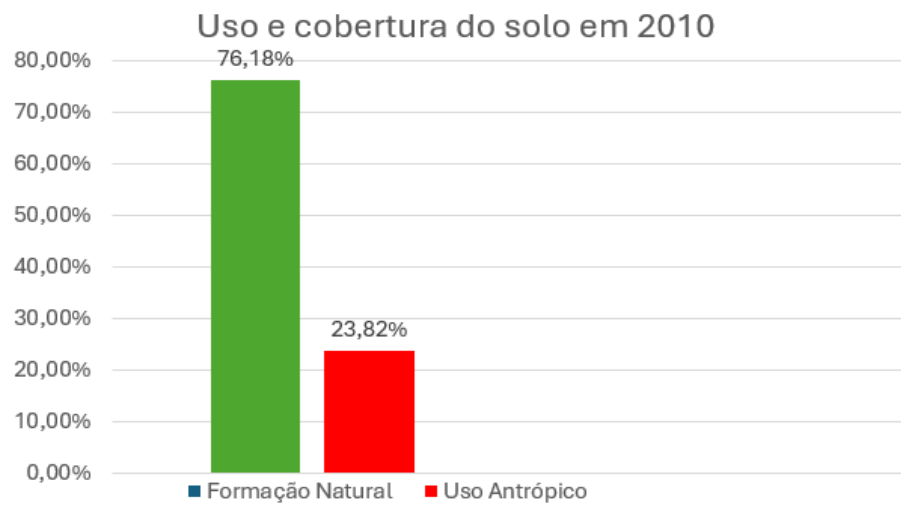
Fonte: O autor.

Figura 17- Uso do solo em 1998 utilizando dados do MapBiomass.



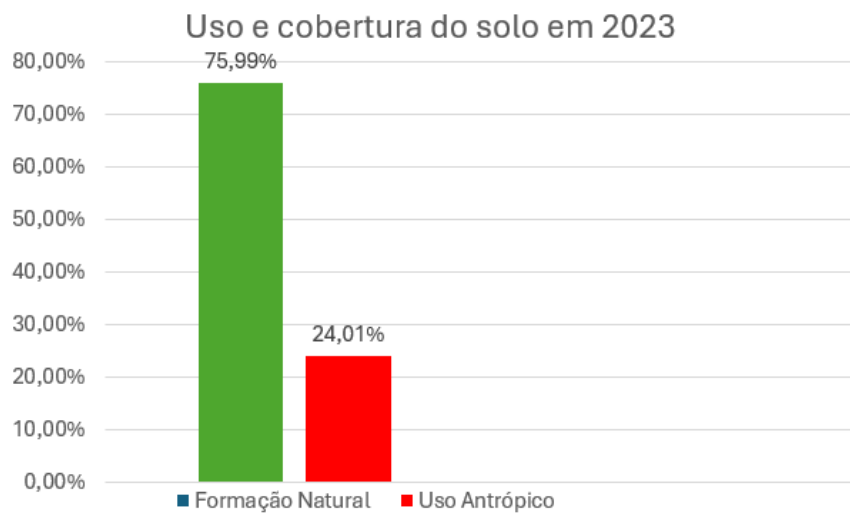
Fonte: O autor.

Figura 18- Uso o do solo em 2010 utilizando dados do MapBiomas.



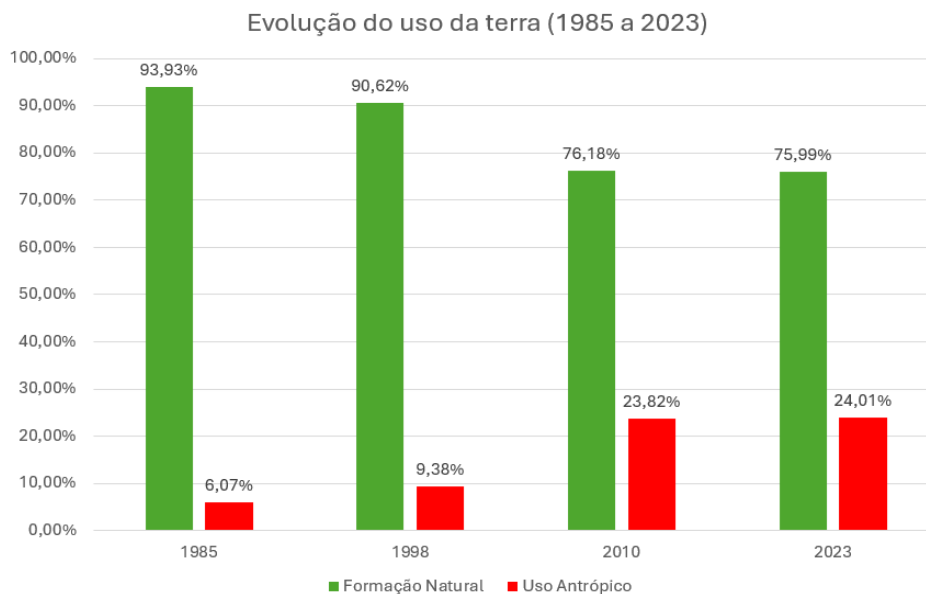
Fonte: O autor.

Figura 19- Uso o do solo em 2023 utilizando dados do MapBiomas.



Fonte: O autor.

Figura 20- Evolução do uso do solo utilizando dados do MapBiomias.



Fonte: O autor.

A área de pastagem no ano de 1998 aumentou de 93,15 hectares para 137,90 hectares no período de 13 anos, o que representa um aumento de aproximadamente 48%, e a área urbanizada passou de 1,59 hectares para 8,72, com 448% nessa classe de uso e cobertura da terra em comparação ao ano de 1985.

Para o ano de 2010, com a consolidação da vocação turística da ilha, tem-se ao longo da área central a consolidação da expansão urbana, e a expansão a maior parte da faixa litorânea, onde estão localizadas as principais praias da ilha, como praia do Farol, Amor e Vai-Quem-Quer, com o aumento do número de pousadas, bares e restaurantes.

As áreas de uso antrópico em 2010 cresceram em ritmo elevado em comparação com o ano de 1998, tendo a área de pastagem aumentando de 137,90 hectares para 347,59 hectares em 2010, representando um aumento de cerca de 152%. A área urbanizada teve acréscimo de 125% entre 1998 e 2010, o que contrasta com a formação florestal, que teve a maior queda percentual, em torno de 20%, com diminuição em sua área em torno de 208 hectares.

No último ano analisado, referente a 2023, apesar da continua diminuição de áreas naturais em detrimento do avanço da urbanização, houve uma certa estabilidade em relação a ocupação do solo em 2010.

A maior diferença de classe ocorreu na denominada “outras áreas não vegetadas”, o qual o MapBiomass não consegue distinguir a qual classe pertence a área, devido a resolução espacial do satélite Landsat utilizado para estimativa de uso e ocupação do solo, mas ao serem analisadas por imagens de satélite como Spot e Planet, com resolução espacial superior, as áreas têm características de uso antrópico.

Nessa área houve um aumento de aproximadamente 35% em relação ao ano de 2010. A área urbanizada teve um aumento de 65% em comparação a 2010, subindo de 19,63 hectares para 32,49 hectares em 2023, enquanto nas classes de formação natural, a área de Formação Florestal teve um decréscimo de 5% em relação a 2010, enquanto a área de Apicum teve um acréscimo de 417%, em comparação a 2010, o qual era de 0,45 hectares e passou para 2,33 hectares em 2023.

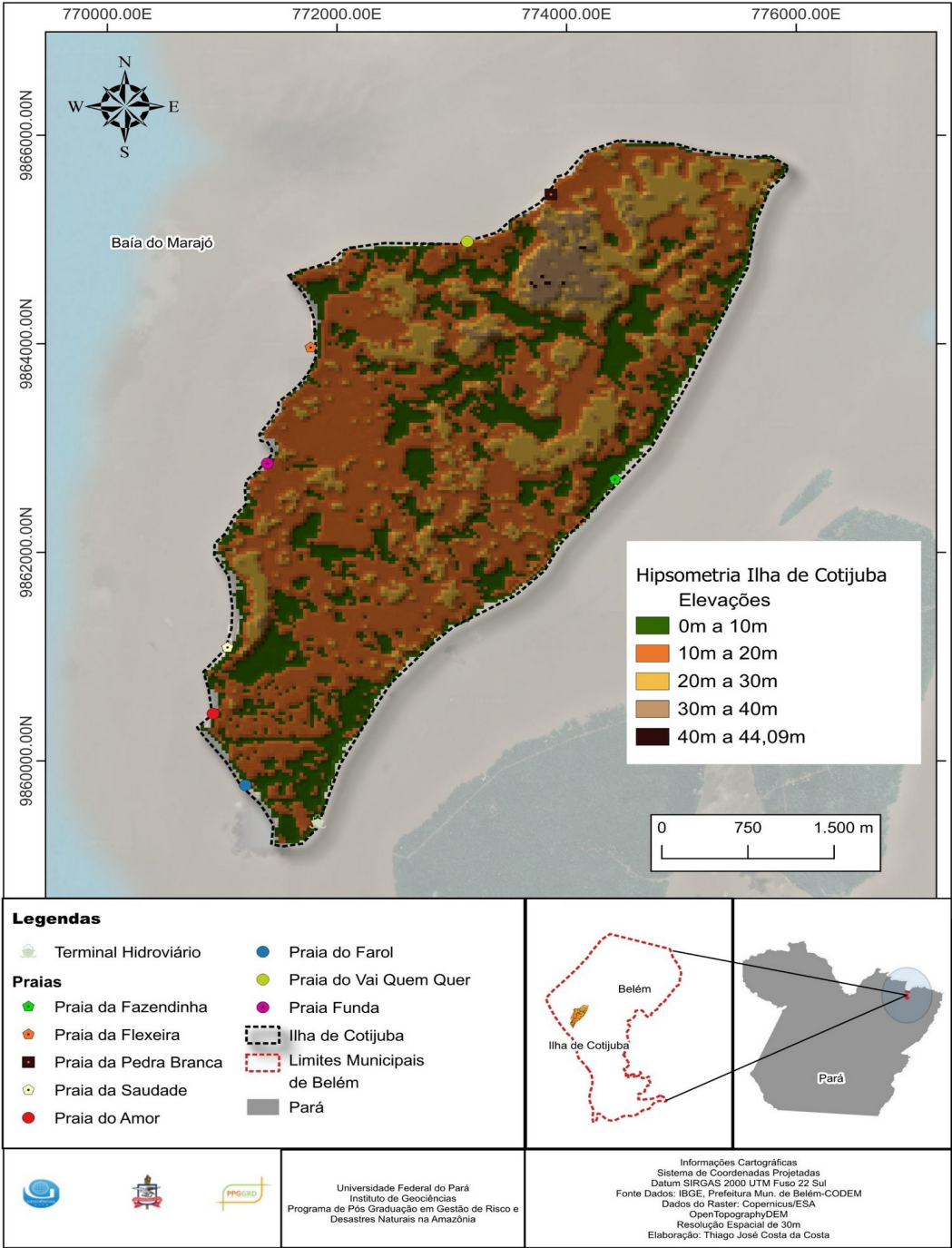
5.2 Mapa Altimétrico da Ilha de Cotijuba

A altimetria permite a identificação de áreas que estão mais vulneráveis a desastres naturais, como deslizamentos de terra e inundações. Por exemplo, regiões de encostas íngremes, facilmente visíveis em um mapa de altimetria, são mais propensas a sofrer deslizamentos, especialmente durante chuvas intensas. Já áreas próximas a corpos d'água, que apresentam terrenos mais baixos, estão em maior risco de alagamentos. Conhecendo essas informações, é possível adotar medidas preventivas, como a restrição de construções em locais de risco e a implementação de sistemas de drenagem adequados (Amblar--Francés *et al.*, 2020).

Na Figura 21, o mapa de altimetria permite identificar de acordo com os dados do DEM, que a altitude média da ilha varia entre 0 a 44 metros acima do nível do mar, com as áreas de menor altitude se localizando na faixa litorânea, abrangendo todas as praias, bem como boa parte da infraestrutura hoteleira e de restaurantes da ilha.

As áreas de maior altitude estão localizadas em sua maioria na parte norte da ilha, próximo as praias do Vai-Quem-Quer e praia da Pedra Branca. Nota-se que devido ao seu perfil altimétrico, a ilha de Cotijuba apresenta acentuada vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, caso ocorram, como elevação do nível do mar.

Figura 21- Mapa hipsométrico da Ilha de Cotijuba.



Fonte: O autor.

5.3 Painel de Segurança Hídrica da Ilha de Cotijuba

Um Painel de Segurança Hídrica é uma plataforma que reúne e apresenta dados estratégicos sobre a disponibilidade, qualidade e uso da água em determinada região. A partir de informações georreferenciadas e indicadores hidro meteorológicos, esse sistema permite a tomada de decisões mais assertivas para evitar crises hídricas, garantir o abastecimento e promover políticas públicas sustentáveis (Pereira; Rodriguez, 2022).

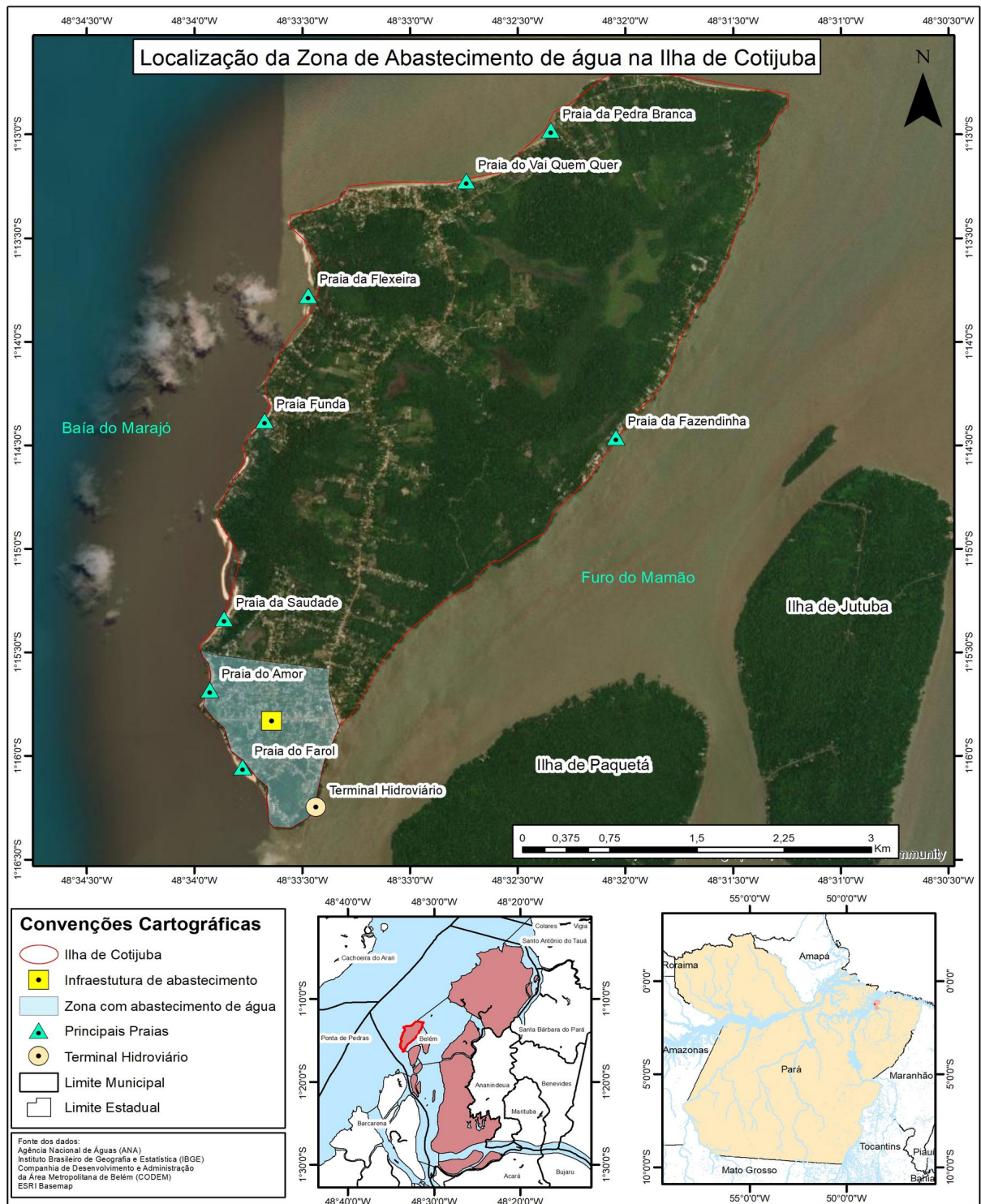
Utilizando como referência a metodologia de Lima, Ferreira e Costa (2020), que adota a percepção ambiental, como forma de um indivíduo compreender o meio ambiente, de acordo com suas experiências e conhecimentos, foram originados os indicadores de segurança hídrica que melhor se aplicam a Ilha de Cotijuba.

Para a composição do painel de segurança hídrica, foram elencadas como indicadores, várias ações que associadas ao uso da água, podem favorecer ou não de maneira adequada, a disponibilidade de água para executar determinada atividade.

Em relação ao acesso a abastecimento de água para consumo, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém do ano de 2020, a ilha de Cotijuba conta atualmente com um sistema de captação e distribuição de água composto de um poço de cerca de 40 metros de profundidade e dois reservatórios o qual abastece apenas a parte sul da ilha, localizado na Av. Jarbas Passarinho, conhecida como unidade do Farol.

Sobre o tratamento da água para consumo, ela é inexistente, sendo a captação realizada e distribuída por cerca de 9km do sistema de encanamento existente na ilha, nas demais localidades os moradores possuem poços artesianos ou utilizam outros meios para adquirir água para consumo. Nas Figuras 22 e 23 são mostradas respectivamente a abrangência atual do sistema de distribuição de água aos consumidores, e a unidade de abastecimento de água da ilha de Cotijuba.

Figura 22- Localização da zona de abastecimento de água em Cotijuba.



Fonte: Adaptado de Belém (2020).

Figura 23- Unidade de abastecimento de água de Cotijuba.



Fonte: Belém (2020).

O checklist realizado em campo junto a representantes de hotéis, pousadas e estabelecimentos comerciais na ilha de Cotijuba, corrobora as informações oficiais obtidas dos órgãos competentes, acerca da dificuldade de acesso a água potável, e com a qualidade da água que chega para a população na ilha.

A maior parte das pessoas entrevistadas, tem acesso a água todos os dias, seja pela unidade de abastecimento ou por meio de poço artesiano, mas em compensação, todos os entrevistados consideram um desafio obter água potável devido a qualidade inadequada para consumo humano após a captação, sendo realizado algum tipo de tratamento prévio antes de ser consumida, como o método de cloração, utilização de filtro de carvão ativado, filtro de cerâmica etc. Alguns precisam comprar galões de água mineral todos os dias, para utilizar para as atividades diárias que necessitem de água potável.

Além disso, todos os entrevistados ou parentes, já tiveram problemas de saúde relacionada a qualidade ruim da água para consumo disponível em Cotijuba, como diarreia, vômitos, verminoses e outras doenças de veiculação hídrica.

Com acesso difícil a água de qualidade, além da falta de infraestrutura de esgotamento sanitário e a reduzida área de abrangência do sistema de abastecimento atual, que fica ainda mais em estresse no períodos das férias escolares, fica evidente o quanto a segurança hídrica da ilha é comprometida com estes indicadores, os quais tem efeito imediato na saúde, por causa das doenças de veiculação hídrica, na renda, pois a hotelaria e comércio local por exemplo, precisam ter custos maiores ou para desinfetar a água para consumir, ou comprar água mineral de fornecedores da Belém continental, o qual ocasiona um aumento do preço dos produtos e serviços ao turista que visita a ilha, tornando-se um problema que limita o desenvolvimento de forma mais sustentável da ilha.

Algumas ações previstas pelo governo do Pará no ano de 2025 podem ajudar a melhorar os indicadores relacionados ao manejo da água na ilha, como a instalação de três microssistemas de água nas praias do Vai Quem Quer e Pedra Branca, que atualmente não possuem qualquer sistema de abastecimento de água fornecido pelo governo estadual (Governo do Pará, 2025).

O gerenciamento de resíduos sólidos na ilha de Cotijuba é atualmente realizado pela empresa de coleta contratada pela prefeitura de Belém, e é realizada uma vez por semana. A ilha não dispõe de local para coleta e destinação dos resíduos sólidos, sendo o mesmo colocados em barcos e encaminhado ao aterro sanitário de Marituba. De acordo com Cardoso, Vicente e Oliveira (2019), existe uma associação dos catadores e catadoras de materiais recicláveis de Cotijuba, que realizam a coleta seletiva em alguns pontos da ilha.

Durante a pesquisa de aplicação do checklist, ficou constatado que a frequência da coleta é insuficiente segundo resposta dos representantes de pousadas, hotéis e comerciantes entrevistados, a maior problemática foi em relação a da coleta de resíduos na ilha, que ocorre apenas uma vez por semana, a ausência de locais para armazenamento dos resíduos até o dia da coleta, o que acarreta os próprios moradores, comerciantes e donos de pousadas da ilha, a colocar os resíduos em um ponto específico em determinadas praias, para aguardar a coleta pela prefeitura.

Em algumas praias mais distante da área mais urbanizada da ilha, onde a coleta é ainda mais deficiente, a solução aplicada é a incineração do lixo ou enterro em quintais, o que no

caso da incineração, libera gases poluentes ao meio ambiente, além da geração de fumaça, o que impacta na saúde e bem-estar dos moradores da comunidade onde ocorre a incineração.

O gerenciamento de resíduos sólidos na ilha de Cotijuba, é atualmente insuficiente do ponto de vista da metodologia utilizada para a elaboração do Painel de Segurança Hídrica, e requer melhorias imediatas, pois quando a coleta desses resíduos é irregular ou inexistente, os impactos ambientais e sociais são significativos, especialmente no que se refere à segurança hídrica. A ausência de um sistema eficiente de coleta e descarte de resíduos compromete a qualidade e a disponibilidade da água, afetando tanto os ecossistemas naturais quanto a saúde humana.

Além disso, a presença de resíduos sólidos em corpos d'água pode contribuir para a proliferação de vetores de doenças, como mosquitos e roedores, aumentando a incidência de enfermidades como dengue, leptospirose e gastroenterites. Isso compromete não apenas a segurança hídrica, mas também a saúde pública, gerando custos adicionais para o tratamento de doenças e a recuperação ambiental.

Em relação ao acesso à educação ambiental, como entendimento sobre coleta seletiva, saber distinguir resíduos orgânicos de recicláveis, a maioria dos entrevistados informaram que tiveram capacitações realizadas pelo órgão gestor municipal ao longo dos anos sobre a temática, tornando um indicador positivo em relação à segurança hídrica na ilha, o que neste caso, mostra que falta o órgão gestor municipal melhorar a infraestrutura para coleta, armazenamento e destinação de resíduos sólidos de maneira eficiente em Cotijuba.

A Figura 24 mostra um ponto irregular de descarte de lixo na praia do Farol, o que também ocorre devido à ausência de pontos específicos destinados a esse fim.

Figura 24- Descarte irregular de lixo na praia do Farol em Cotijuba.



Fonte: O autor.

Em relação as atividades econômicas e comércio, as principais atividades geradoras de renda em Cotijuba vêm do turismo, da pesca artesanal, da agricultura familiar e do extrativismo, setores que movimentam a economia local e garantem o sustento de seus habitantes. A atividade econômica que mais se desenvolveu na última década foi a do turismo, onde pequenas pousadas, restaurantes e serviços de transporte são gerenciados por moradores locais, fomentando a economia da ilha.

As atividades econômicas atualmente desenvolvidas na ilha, sofrem e impactam diretamente a segurança hídrica em Cotijuba, sendo impactadas pelo manejo da água, através da disponibilidade e acesso a água potável ser reduzido, o que dificulta o desenvolvimento de setores como o turismo, pois restaurantes, hotéis e estabelecimentos comerciais exigem água para suas operações diárias. Restrições e ausência de abastecimento podem elevar os custos operacionais ou reduzir a qualidade do serviço. Por outro lado, com o crescimento do turismo, a expansão desordenada de hotéis, pousadas e restaurantes, aumenta a pressão por recursos hídricos, como a abertura de novos poços para suprir a demanda de serviços, o que sem o devido manejo, conscientização da população e gestão do poder público, compromete ainda mais a segurança hídrica da ilha.

Em relação a estrutura educacional, a ilha de Cotijuba tem escolas duas escolas, sendo uma da rede municipal de ensino infantil, e outra estadual de ensino fundamental e médio (Semec, 2025). O indicador da educação no contexto do painel da segurança hídrica também é negativo, pois a falta de acesso a água de qualidade nas escolas, é um fator prejudicial para os alunos, professores e demais funcionários, além do que aumenta o risco de contrair doenças

de veiculação hídrica com a água disponibilizada pelo sistema de abastecimento local sem tratamento.

A mobilidade na ilha teve uma melhora nos últimos anos, devido ao aumento do turismo e aumento da frequência do número de visitantes, pode-se utilizar motocicletas para transporte de passageiros e moradores dentro da ilha, o que melhorou a velocidade de deslocamento no interior da ilha, o que antes só era possível através de charretes puxadas por animais ou pequenos tratores. O transporte fluvial até a ilha funciona relativamente bem, com viagens através de barco disponibilizado pela prefeitura, e por cooperativas particulares. Como aspecto negativo, destaca-se a infraestrutura viária precária da ilha, o que prejudica o comércio, turismo e demais atividades econômicas e o deslocamento dos moradores.

No aspecto de uso da terra, a ilha teve um crescimento exponencial da ocupação urbana nas áreas de vegetação nativa nas últimas décadas, e apesar de apresentar aproximadamente 75% de formação natural segundo dados do MapBiomas, o percentual diminui ano a ano.

Houve expansão para novas áreas da ilha a partir do turismo, acompanhado de atividades agrícolas, aumentando a pressão sobre o ecossistema da ilha. O uso e ocupação do solo influenciam diretamente a segurança hídrica, impactando a disponibilidade e qualidade da água. A urbanização desordenada e o desmatamento reduzem a infiltração da água no solo, intensificando processos erosivos, além de carregar poluentes para os corpos d'água. Práticas agrícolas inadequadas, como o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas, contaminam os recursos hídricos.

Na ilha de Cotijuba, a energia elétrica atualmente é fornecida através de uma usina termelétrica a óleo diesel (Figura 25), o que representa um alto custo de geração de energia, instabilidade na qualidade de transmissão de energia elétrica, além do impacto ambiental que é gerado na queima de óleo diesel para a atmosfera, e a geração de resíduos oleosos e líquidos proveniente das atividades operacionais da usina (Pires, 2022).

Figura 25- Usina Termelétrica localizada em Cotijuba.



Fonte: Pires (2022).

A geração destes resíduos é altamente poluente, e em caso de acidentes operacionais na usina, pode causar impactos ambientais severos, como contaminação das águas superficiais, lençol freático, solo e alterações na qualidade do ar da Ilha e adjacências.

Na aplicação do checklist em campo, vários moradores e empreendedores relataram que a instabilidade da rede elétrica fornecida pela usina termelétrica, como apagões e bem como o seu alcance limitado em relação a atingir toda a população da ilha, é um fator que impacta no cotidiano e nas atividades desenvolvidas no dia a dia dos moradores, principalmente atividades ligadas ao turismo, e entra como um fator negativo em relação à segurança hídrica, pois muitos moradores precisam de uma bomba periférica para “bombear” água do rio ou de poços artesianos, para abastecer caixas d’água de suas residências, pousadas ou pontos comerciais, e com a instabilidade e não disponibilidade da rede elétrica abranger toda a ilha, isso nem sempre é possível de ser realizado com qualidade e segurança.

Felizmente através de um programa do governo federal chamado “Luz para Todos”, a ilha de Cotijuba, será conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), e a usina Termelétrica será desativada. A previsão é que interligação ocorra no primeiro trimestre de 2025, e abrangerá toda a ilha de Cotijuba (Agência Brasil, 2024).

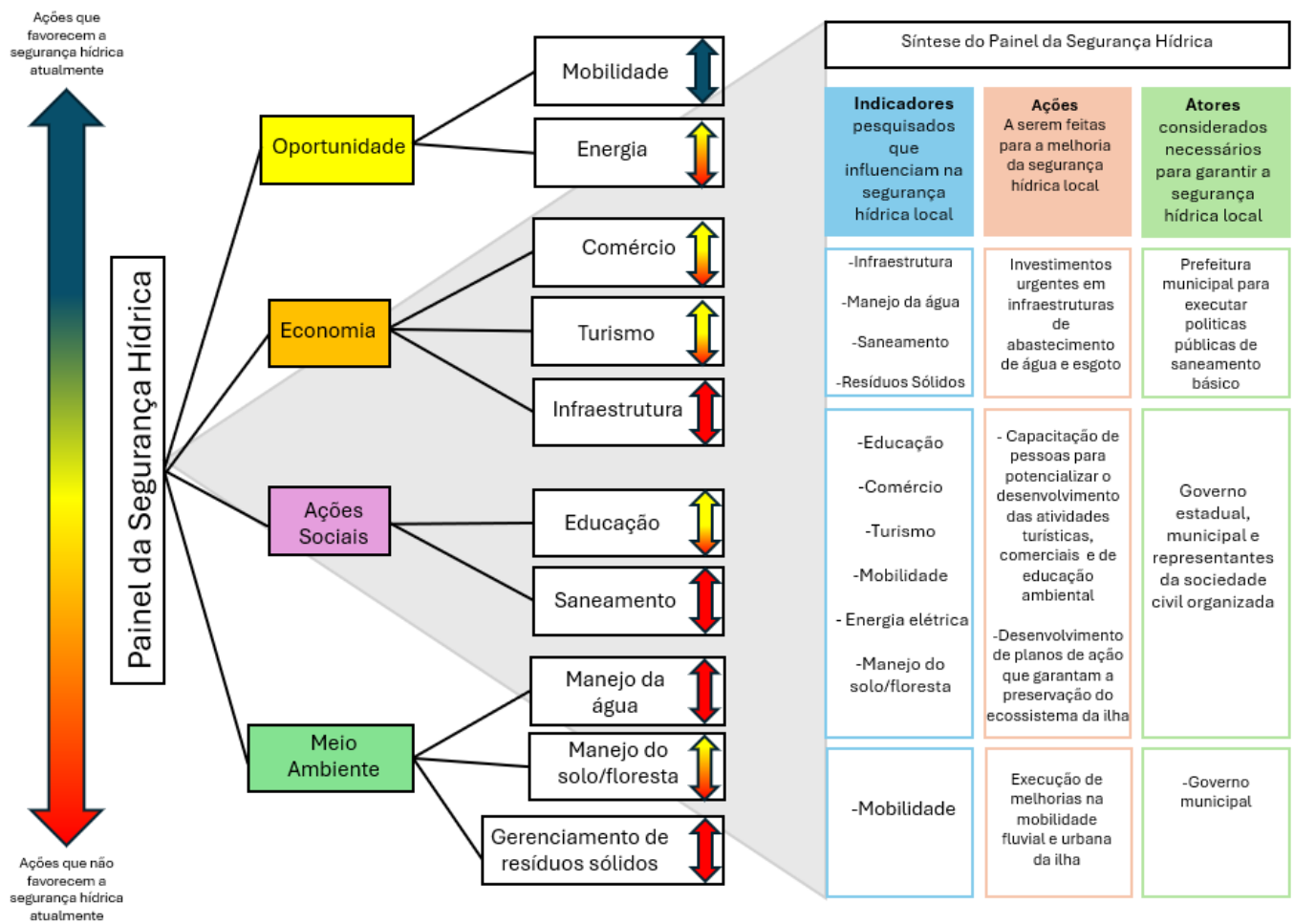
Em relação à segurança hídrica para o turismo, que atualmente é o “carro-chefe” em termos de geração de emprego e renda na ilha de Cotijuba, tem-se o desafio de melhorar a eficiência do turismo ofertado na ilha, e que ele não seja comprometido transformado pela

insuficiência de água com qualidade adequada e quantidade necessária para as atividades. Um exemplo é que a falta de acesso a água de qualidade, leva os donos de estabelecimentos comerciais, restaurantes e pousadas, muitas vezes a comprar água mineral para poder executar atividades relacionadas ao preparo de alimentos e ao consumo humano, o que acarreta o aumento de preço para o turista, no consumo de alimentos e bebidas.

Em contraponto a isso, é necessário um estudo e manejo adequado da expansão das atividades turísticas da ilha, de modo que não comprometa o ecossistema local, através da construção desenfreada de pousadas, hotéis e demais estabelecimentos comerciais, pois a tendência é aumentar ano a ano o número de turistas visitando a ilha, e com isso aumentar a pressão sobre o ecossistema e recursos hídricos locais, com atividades potencialmente danosas, como desmatamento e poluição de corpos hídricos.

Com base nos aspectos apresentados ao longo da dissertação, foram identificados como críticos para a segurança hídrica da ilha de Cotijuba os seguintes indicadores: manejo da água, saneamento, gerenciamento de resíduos sólidos e infraestrutura. Estes indicadores dependem do acesso à água em padrão de potabilidade, acesso este dificultado pela deficiência do atual sistema de abastecimento de água, e a inexistência de um sistema de tratamento de esgoto (Figura 26).

Figura 26- Painel da Segurança Hídrica da ilha de Cotijuba.



Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

A segurança hídrica mostra-se o principal fator limitante do potencial turístico e econômico da ilha de Cotijuba, uma vez que a água consumida na ilha precisa ser comprada ou tratada pelos moradores locais, para ser utilizada com segurança, pois o sistema de captação e abastecimento existente, não oferece condições mínimas de confiabilidade na qualidade da água distribuída, além de seu alcance físico limitado para os padrões de urbanização atuais da ilha.

Entretanto, nas últimas décadas a ilha apresentou acentuada urbanização, com o aumento do fluxo de turistas e visitantes, o qual fez movimentar a economia local, com o aumento do número de estabelecimentos comerciais, de gêneros alimentícios como bares e restaurantes, e de hotelaria, com o surgimento de inúmeras pousadas localizadas em praticamente toda a ilha, sempre próximo as praias. Como consequência, tem-se uma procura maior por fontes de água para consumo, alimentação, higiene e abastecimento destes locais, além da produção maior de efluentes e esgoto, o que põe em risco a segurança hídrica da ilha, já que ela não conta com rede de coleta e tratamento de esgoto, sendo a maioria das vezes utilizada fosse séptica, e em alguns casos direcionadas diretamente na baía do Marajó, o que aumenta o problema já enfrentado de precária infraestrutura de saneamento básico local.

A segurança hídrica é essencial para a estabilidade e o crescimento econômico. A adoção de políticas sustentáveis, investimentos em infraestrutura hídrica e tecnologias para melhor gestão da água são fundamentais para minimizar os impactos negativos da escassez de água nas atividades econômicas.

Outra questão apontada durante a pesquisa, é a ausência de um sistema eficiente de coleta e descarte de resíduos, o que compromete a qualidade e a disponibilidade da água, afetando tanto os ecossistemas naturais quanto a saúde humana. A segurança hídrica depende diretamente da gestão sustentável dos resíduos sólidos. Dessa forma, promover uma coleta eficiente e um descarte adequado de resíduos não é apenas uma questão ambiental, mas também uma estratégia essencial para garantir o acesso à água potável e a qualidade de vida da população.

O uso e ocupação do solo são fatores determinantes para a segurança hídrica, pois influenciam diretamente a disponibilidade, qualidade e distribuição da água em uma região. A expansão urbana, a agricultura intensiva e o desmatamento podem comprometer os recursos hídricos ao alterar o ciclo natural da água e aumentar os riscos de escassez e contaminação.

A falta de informações estatísticas e geoespaciais de qualidade, de órgãos oficiais responsáveis direta ou indiretamente pela gestão da ilha, dificultou o processo de criação do painel de segurança hídrica que melhor refletisse historicamente as atividades e práticas que colocam em risco a segurança hídrica na ilha, como saneamento básico, educação, saúde, e seus impactos aos moradores e visitantes. Ainda se ressalta a dificuldade de aplicação do

checklist junto aos estabelecimentos comerciais, como pousadas e restaurantes principalmente, pois as pessoas responsáveis informam que já participaram de inúmeros tipos de pesquisas, estudos acadêmicos etc., e não veem o resultado delas traduzidos em melhorias no seu dia a dia.

O painel de segurança hídrica é uma ferramenta importante a compreender de forma dinamizada através de indicadores socioeconômicos e ambientais, que uma ilha cercada de água por todos os lados, pode sim ter dificuldade de acesso a recursos hídricos de qualidade, e que disso dependem vários fatores que vão desde os próprios moradores até o poder público.

A segurança hídrica é um dos pilares fundamentais para garantir a resiliência das sociedades diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela crescente pressão sobre os recursos hídricos. Ela se refere à disponibilidade adequada de água, em quantidade e qualidade suficientes, para atender às necessidades humanas e ambientais, reduzindo os riscos associados a eventos extremos como secas e inundações.

Políticas públicas eficazes, investimentos em infraestrutura hídrica, monitoramento meteorológico e conscientização da população são elementos chave para garantir um equilíbrio sustentável entre oferta e demanda de água.

Portanto, assegurar a segurança hídrica é fundamental para a prevenção de desastres naturais e para a promoção da sustentabilidade ambiental. Somente com uma gestão eficiente da água será possível enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e garantir um futuro mais seguro para as atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BELÉM. *Ilha de Cotijuba é um dos destinos mais procurados do verão paraense*. Belém, 2019. <https://agenciabelem.com.br/Noticia/200908/ilha-de-cotijuba-e-um->. Acesso em: 11 set. 2024.

AGÊNCIA BRASIL. MME leva mais desenvolvimento, segurança energética e qualidade de vida para a população da Amazônia. *Agência Brasil*, 20 dez. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202412/mme-leva-mais-desenvolvimento-seguranca-energetica-e-qualidade-de-vida-para-a-populacao-da-amazonia>. Acesso em: 17 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO- ANA. Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>.

AMBLAR-FRANCÉS, M. P. *et al.* High resolution climate change projections for the Pyrenees region. *Advances in Science and Research*, v. 17, p. 191-208, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/asr-17-191-2020>. Acesso em: 20 jan.2025.

AZEVEDO, D. C. B.; TOLEDO, G. A.; COHEN, S. C.; KLIGERMAN, D. C.; CARDOSO, T. A. O. Desastre de Brumadinho: contribuições para políticas públicas e gestão do saneamento em períodos emergenciais. *Saúde em Debate*, v. 44, n. 124, p. 221-233, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-1104202012416>. Acesso em: 20 jan. 2025.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. *Science*, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012. Acesso em: 01 ago. 2024.

BELÉM. Agência Reguladora de Belém – ARBEL. Legislação: PMSB – *Plano Municipal de Saneamento Básico. Volume II – Sistema de Abastecimento de Água*. Belém, 2020. Disponível em: <https://arbel.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/VOLUME-II-SAA.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BELÉM. *Anuário estatístico do município de Belém 2020*. Belém: Prefeitura de Belém. Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão – SEGEP, 2020. Disponível em: <https://anuario.belem.pa.gov.br/>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BELÉM. *Lei Municipal nº 7768/95, de 02 de outubro de 1995*. Disponível em: <https://cmbelem.jusbrasil.com.br/legislacao/582199/lei-7768-95>. Acesso em: 06 nov. 2024.

BELÉM. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. Decretos e Leis Municipais. *Lei Ordinária nº 8.655, de 13 de janeiro de 2008*. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém e dá outras providências. 2008. Acesso em: 06 nov. 2024.

BELEMTUR. Distritos de Belém. Prefeitura de Belém, Secretaria Municipal de Turismo. *Valor da passagem ao usuário*. 2023. Disponível em: <https://belemtur.belem.pa.gov.br/distrito-de-belem/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BERNDSSEN, G.; DANTAS, F. A efetividade da lei da água: interface Brasil e Estados Unidos da América. *Revista Jurídica Direito & Paz*, v. 43, n. 92, p. 1-28, 2023. <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2022.e91639>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BERRETA, M. S. R.; LAURENT, F.; BASSO, L. A. Princípios e fundamentos da legislação das águas na França. *Boletim Gaúcho de Geografia*, v. 39, p. 13-24, 2012. <http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37306/24093>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras

providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: URL https://ww2025...alto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 01 ago. 2024.

BRITO, F. S. L.; PESSOA, F. C. L.; CRISPIM, D.; ROSÁRIO, K. K. L. Uso de indicador hídrico na Ilha de Cotijuba, município de Belém-PA. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v.17, e11, 2020. <https://doi.org/10.21168/reg.v17e11>. Acesso em: 02 ago. 2024.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. Análise multitemporal de imagens de satélite para monitoramento ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. *Anais[...]* Natal: INPE, 2009. p. 123-130. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/doc/capa.htm>. Acesso em: 30 jan. 2025.

CARDOSO, A. C. D; VICENTE, L. R; OLIVEIRA, R. C. B de. Cartografia social da ilha de Cotijuba – Belém/PA. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 26, n. 39, p. 255, 2019. <https://doi.org/10.5752/P.2316-1752.2019v26n39p255>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CORREIA, C. V. S. A geotecnologia no monitoramento, alerta e prevenção de desastres: os desastres naturais e tecnológicos no cenário brasileiro e estudos de caso do emprego de geotecnologias como subsídio a sua mitigação. *Redução de riscos de desastre e a resiliência no meio rural e urbano*, 2. ed., p. 390-417, 2020. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020.pdf. Acesso em: 21 jan. 2025.

DANDOIS, J. P.; DUFOURMONT, S. Multitemporal analysis of satellite images for vegetation monitoring. *Remote Sensing*, v. 6, n. 12, p. 12345-12360, 2014.

FARIAS, P. J. L. *Água: bem jurídico econômico ou ecológico?* Brasília, DF: Brasília Jurídica, 2005. 37 p.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS - FAPESPA. *Boletim da Sustentabilidade das Ilhas de Belém*, Cotijuba. 2024.

GOVERNO DO PARÁ. Governo do Pará investe no abastecimento de água e urbanização em Outeiro e Cotijuba. *Agência Pará*, Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/64405/governo-do-para-investe-no-abastecimento-de-agua-e-urbanizacao-em-outeiro-e-cotijuba>. Acesso em: 17 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Malhas de setores censitários*. 2022. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 11 nov. 2024.

INTELLIGENCE COMMUNITY ASSESSMENT. *Global water security: special report*. Estados Unidos: Intelligence Community Assessment, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

JAIN, S.; KHAN, M. A. The role of multitemporal satellite images in urban expansion detection. *International Journal of Remote Sensing*, v. 34, n. 6, p. 1897-1912, 2013.

KUHNEN, A. Meio ambiente e vulnerabilidade, a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. *Geografia*, v. 18, n. 2, p. 37-52, 2009.

LIMA, A. M. M.; FERREIRA, K. M. N.; COSTA, T. N. C, Turismo e segurança hídrica, desafios na ilha do Combu, Pará. *Turismo e Sociedade*, v. 13, n. 1, p. 127-149, 2020.

LIMA, M. P.; JARDIM, A. M. R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, M. V.; SANTOS, A.; et al. Using remote sensing to quantify the joint effects of climate and land use/land cover changes on the Caatinga biome of Northeast Brazil. *Remote Sensing*, v.14, n.8, 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14081911>. Acesso em: 18 jan. 2025.

LINS, F. J. C. C. *Geoprocessamento: uma abordagem para o desenvolvimento de sistema de apoio a gestão ambiental no Alto Vale do Rio Ipujoca*. 2007. 108f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; MAGALHÃES, A.M.R.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 69, n. 1, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n1-44035. Acesso em: 15 out. 2024.

MORAIS, L. P. R.; ARAÚJO, J. M.; SILVEIRA, S. F. R.; FERREIRA, M. A. M. Gestão integrada de recursos hídricos: efeitos da governança local na segurança hídrica dos municípios brasileiros. *Encontro Brasileiro de Administração Pública*, v. 9, 2022. Disponível em: <https://sbap.org.br/ebap/2022/trabalho/gestao-integrada-de-recursos-hidricos-efeitos-da-governanca-local-na-seguranca-hidrica-dos-municipios-brasileiros>. Acesso em: 15 out. 2024.

NOVA, F. V. P. V.; TENÓRIO, N. B. Doenças de veiculação hídrica associada a degradação dos recursos hídricos, município de Caruaru-PE. *Caminhos de Geografia*, v. 20, n. 71, p. 250–264, 2019. <https://doi.org/10.14393/RCG207145545>. Acesso em: 10 out. 2024.

OCDE Studies on Water. *Water security for better lives*. 2013. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/water-security_9789264202405-en.html. Acesso em: 10 out.2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados. UNESCO World Water Assessment Programme. Organização das Nações Unidas, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em: 10 out. 2024.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. *Derbyana*, v. 43, e777, 2022. <https://doi.org/10.14295/derb.v43.777>. Acesso em: 15 out. 2024.

PIRES, B. C. B. *Avaliação do plano de gerenciamento de resíduos em usina termoeletrica na ilha de Cotijuba no município de Belém-PA*. 57f. 2022. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém.

RIBEIRO, S. L. Considerações finais sobre a segurança hídrica no Brasil. *Rev. Bra. Est. Def.* v. 4, n. 1, jan. /jun. 2017, p. 155-180. DOI: 10.26792/RBED.v4n1.2017.70306.ISSN 2358-3932. Acesso em: 15 out. 2024.

SANTOS, J. P.; VERONESE, E. S. M.; MACHADO O. D. B. Análise multitemporal do desmatamento no assentamento Vale Verde, Gurupi, TO através do uso de imagens do sensor CCD do satélite CBERS2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal. *Anais[...]*. Natal: INPE, SBSR, 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE BELÉM. *Educação Belém*. Disponível em: <https://educacao.belem.pa.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SILVA, E. K. L. R. D. *Análises das paisagens da ilha de Cotijuba: através do mapeamento das unidades geoambientais, Belém/PA, Belém, 2021*. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/15363>. Acesso em: 19 dez. 2024.

SORIANO, É.; LONDE, L. R.; DI GREGORIO, L. T.; COUTINHO, M. P.; SANTOS, L. B. L. Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. *Ambiente & Sociedade*, v.19, n.1, p.21-42, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC150120R1V1912016>. Acesso em: 19 dez. 2024.

SOUZA JR., C. M.; KIRCHHOFF, F. T.; OLIVEIRA, B. C.; RIBEIRO, J. G.; SALES, M. H. Long-term annual surface water change in the Brazilian Amazon Biome: potential links with deforestation, infrastructure development and climate change. *Water*, v.11, n.3, 566, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11030566>. Acesso em: 20 jan. 2025.

TUCCI, C. E. M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. *REGA*, v. 14, e12, 2017.

TURNER, W.; GARDNER, T. A.; HOUUGHTON, R. A. Advances in remote sensing for biodiversity and environmental monitoring. *Remote Sensing*, v. 7, n. 10, p. 11762-11781, 2015. Acesso em: 30 jan. 2025

VAN BEEK, E.; ARRIENS, W. L. *Water security: putting the concept into practice*. Stockholm, Sweden: Environment Institute, Technical Committee (TEC), 2016. (Global Water Partnership, n. 20). Disponível em: [file:///C:/Users/Casa/Downloads/Water %20security.pdf](file:///C:/Users/Casa/Downloads/Water%20security.pdf). Acesso em: 01 ago. 2024.

VIDAL, B. S.; SILVA NETO, J. C. A. da. Sensoriamento remoto e clima urbano na Amazônia: análise de Alvarães, Amazonas, Brasil. *Revista Geonorte*, v. 14, n. 43, 2023. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2023.v.14.n.43.43.62>. Acesso em: 17 jan. 2025.

WOLKMER, M.F.; PIMMEL, N. F. Política nacional de recursos hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Sequência Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, v. 34, n. 67, p. 165–198, 2013. DOI: 10.5007/2177-7055.2013v34n67p165. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/2177-7055.2013v34n67p165>. Acesso em: 20 jan. 2025.

APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO

Painel de Segurança Hídrica

Ilha de Cotijuba

Um Painel de Segurança Hídrica é uma plataforma que reúne e apresenta dados estratégicos sobre a disponibilidade, qualidade e uso da água em determinada região. A partir de informações georreferenciadas e indicadores hidro meteorológicos, esse sistema permite a tomada de decisões mais assertivas para evitar crises hídricas, garantir o abastecimento e promover políticas públicas sustentáveis (Pereira; Rodriguez, 2022).

Utilizando como referência a metodologia de Lima, Ferreira e Costa (2020), que adota a percepção ambiental, como forma de um indivíduo compreender o meio ambiente, de acordo com suas experiências e conhecimentos, foram originados os indicadores de segurança hídrica que melhor se aplicam a ilha de Cotijuba.

Em relação ao acesso a abastecimento de água para consumo, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém do ano de 2020, a ilha de Cotijuba conta atualmente com um sistema de captação e distribuição de água composto de um poço de cerca de 40 metros de profundidade e dois reservatórios o qual abastece apenas a parte sul da ilha, localizado na Av. Jarbas Passarinho, conhecida como unidade do Farol.

O gerenciamento de resíduos sólidos na ilha de Cotijuba é atualmente realizado pela empresa de coleta contratada pela prefeitura de Belém, e é realizada uma vez por semana. A ilha não dispõe de local para coleta e destinação dos resíduos sólidos, sendo o mesmo colocados em barcos e encaminhado ao aterro sanitário de Marituba. De acordo com Cardoso, Vicente e Oliveira (2014), existe uma associação dos catadores e catadoras de materiais recicláveis de Cotijuba, que realizam a coleta seletiva em alguns pontos da ilha.

Em relação as atividades econômicas e comércio, as principais atividades geradoras de renda em Cotijuba vêm do turismo, da pesca artesanal, da agricultura familiar e do extrativismo, setores que movimentam a economia local e garantem o sustento de seus habitantes. A atividade econômica que mais se desenvolveu na última década foi a do

turismo, onde pequenas pousadas, restaurantes e serviços de transporte são gerenciados por moradores locais, fomentando a economia da ilha.

A mobilidade na ilha teve uma melhora nos últimos anos, devido ao aumento do turismo e aumento da frequência do número de visitantes, pode-se utilizar motocicletas para transporte de passageiros e moradores dentro da ilha, o que melhorou a velocidade de deslocamento no interior da ilha, o que antes só era possível através de charretes puxadas por animais ou pequenos tratores. O transporte fluvial até a ilha funciona relativamente bem, com viagens através de barco disponibilizado pela prefeitura, e por cooperativas particulares.

Na ilha de Cotijuba, a energia elétrica atualmente é fornecida através de uma usina termelétrica a óleo diesel, o que representa um alto custo de geração de energia, instabilidade na qualidade de transmissão de energia elétrica, além do impacto ambiental que é gerado na queima de óleo diesel para a atmosfera, e a geração de resíduos oleosos e líquidos proveniente das atividades operacionais da usina (Pires, 2022).

No aspecto de uso da terra, a ilha teve um crescimento exponencial da ocupação urbana nas áreas de vegetação nativa nas últimas décadas, e apesar de apresentar aproximadamente 75% de formação natural segundo dados do MapBiomas, o percentual diminui ano a ano.

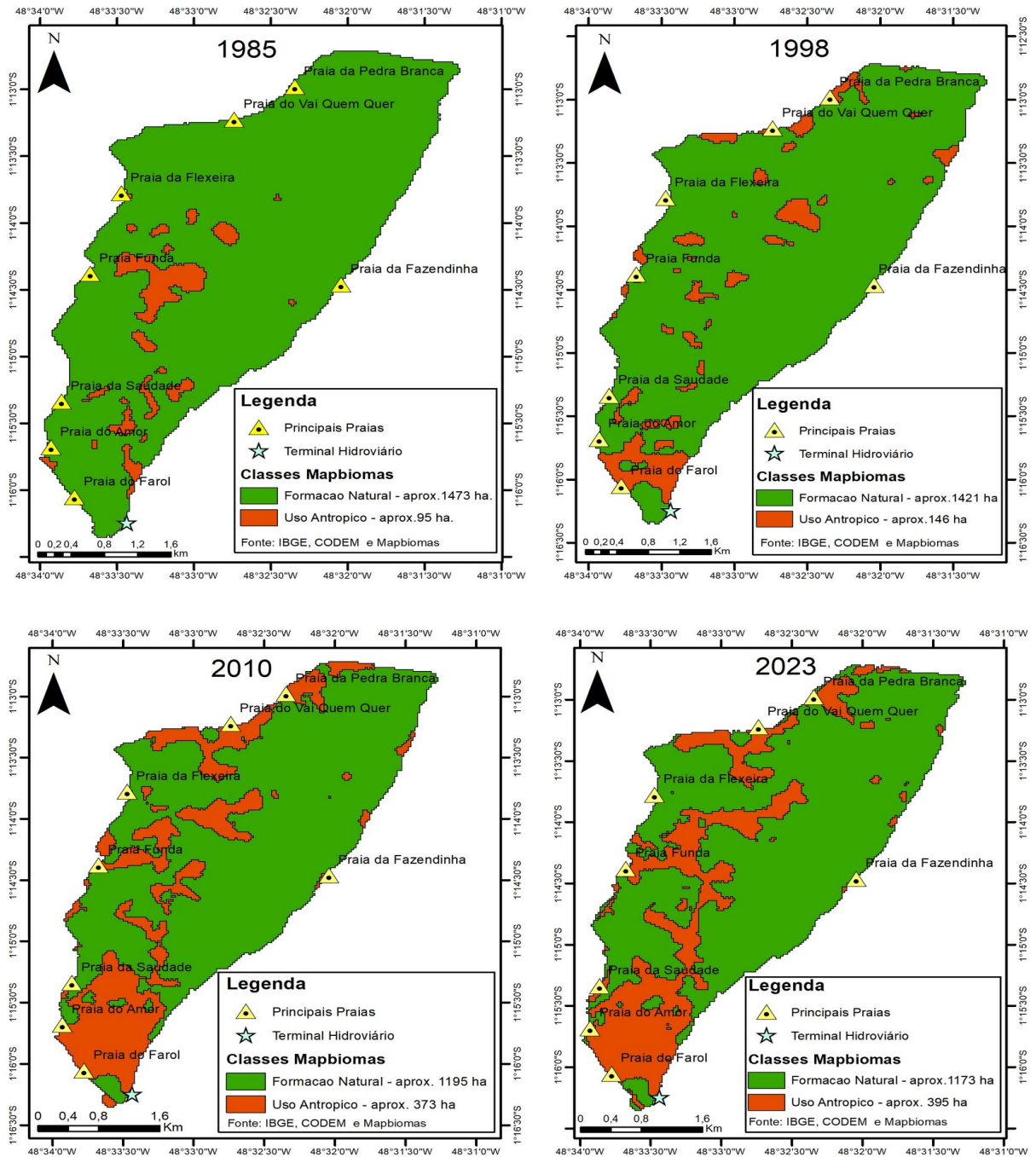
A segurança hídrica é um dos pilares fundamentais para garantir a resiliência das sociedades diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela crescente pressão sobre os recursos hídricos. Ela se refere à disponibilidade adequada de água, em quantidade e qualidade suficientes, para atender às necessidades humanas e ambientais, reduzindo os riscos associados a eventos extremos como secas e inundações.

Políticas públicas eficazes, investimentos em infraestrutura hídrica, monitoramento meteorológico e conscientização da população são elementos chave para garantir um equilíbrio sustentável entre oferta e demanda de água.

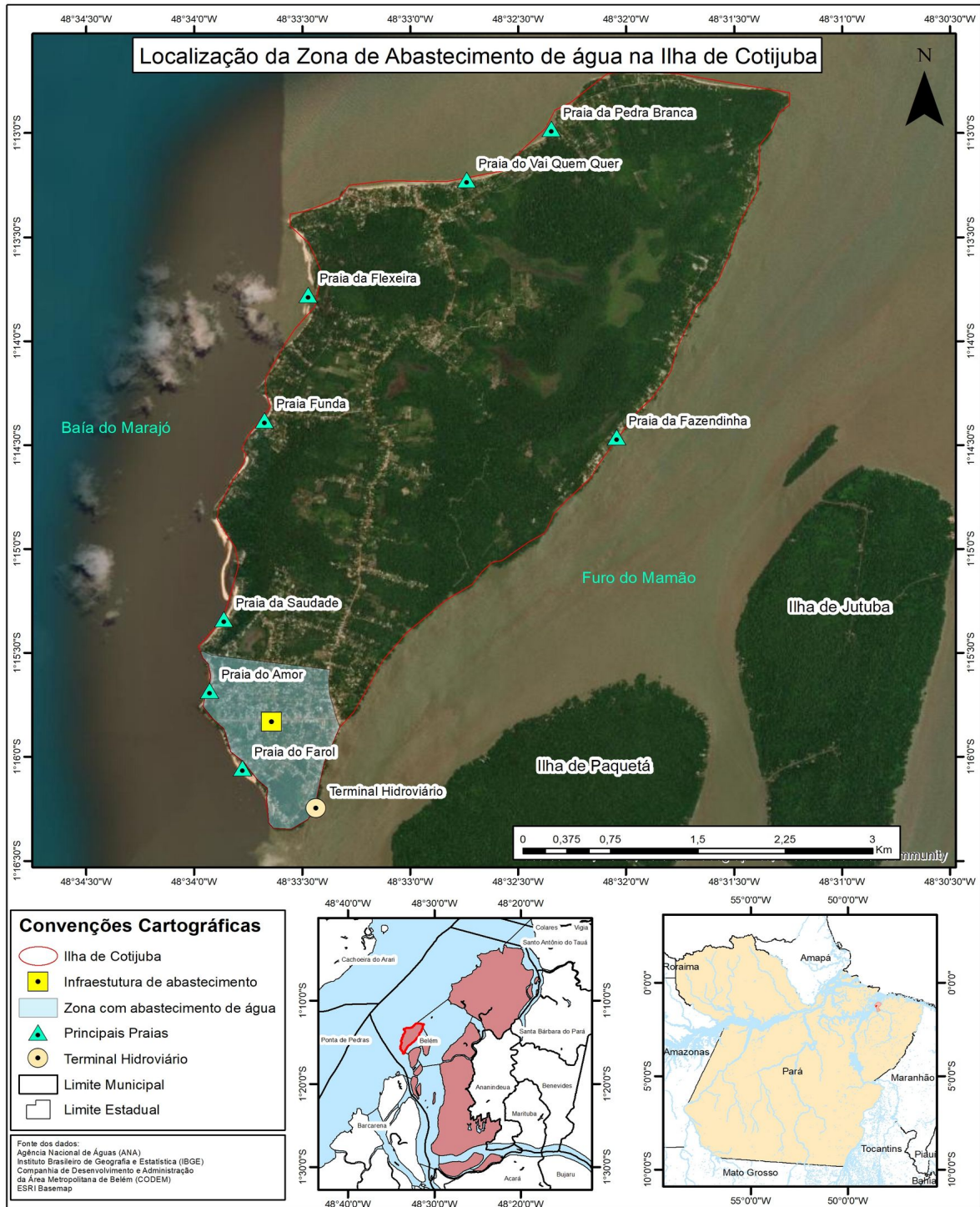
Portanto, assegurar a segurança hídrica é fundamental para a prevenção de desastres naturais e para a promoção da sustentabilidade ambiental. Somente com uma gestão eficiente da água será possível enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e garantir um futuro mais seguro para as atuais e futuras gerações.

Representação cartográfica da ilha de Cotijuba, no período 1985 até 2023, utilizando dados da plataforma MapBiomas.

Comparativo de uso e ocupação do solo entre 1985 e 2023, utilizando o Mapbiomas.

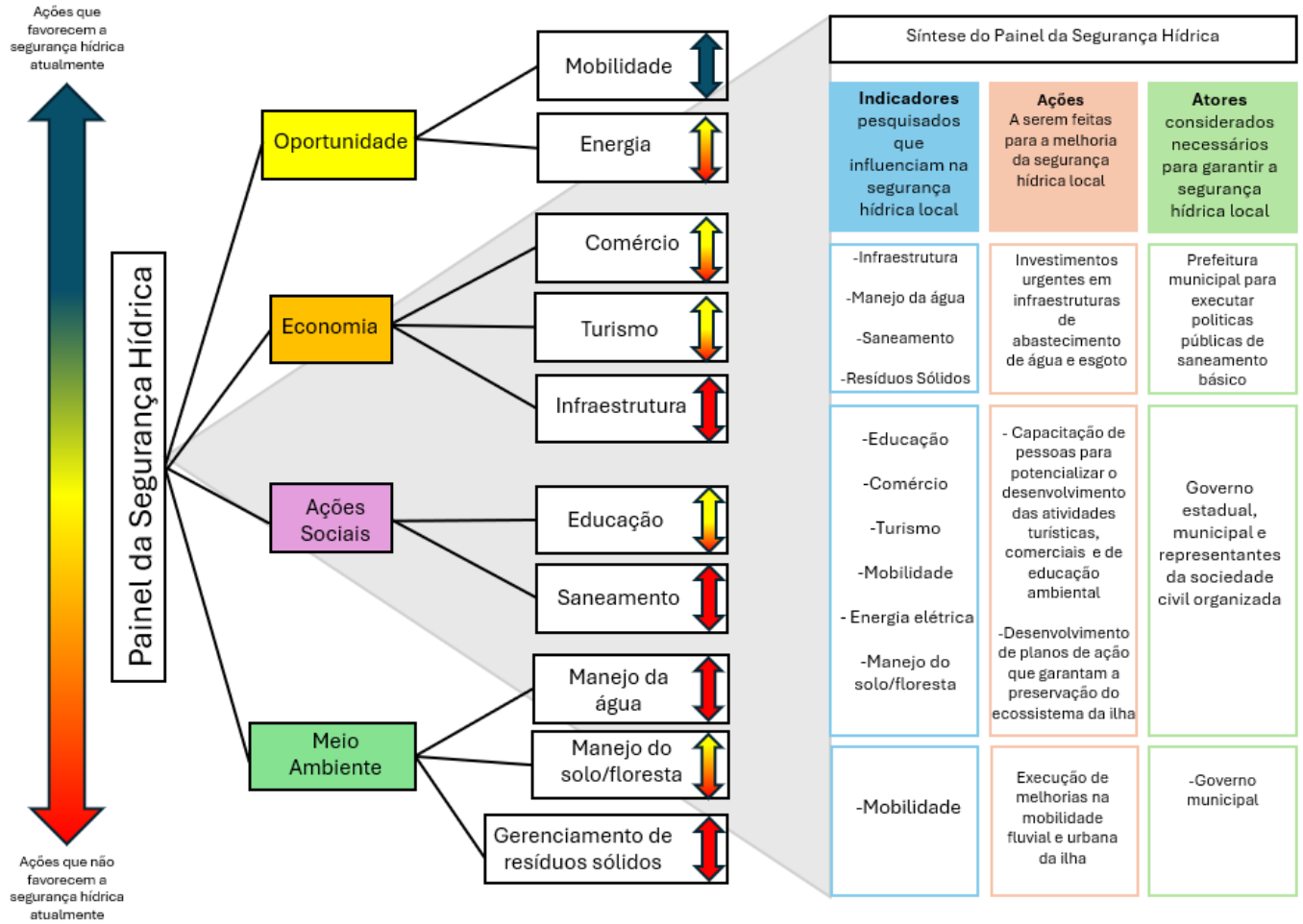


Localização da zona de abastecimento de água em Cotijuba.



Fonte: Adaptado de Belém (2020).

Painel da Segurança Hídrica da ilha de Cotijuba.



REFERÊNCIAS

- BELÉM. Agência Reguladora de Belém – ARBEL. Legislação: PMSB – *Plano Municipal de Saneamento Básico. Volume II – Sistema de Abastecimento de Água*. Belém, 2020. Disponível em: <https://arbel.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/VOLUME-II-SAA.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- CARDOSO, A. C. D.; VICENTE, L. R.; OLIVEIRA, R. C. B. de. Cartografia social da ilha de Cotijuba – Belém/PA. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 26, n. 39, p. 255, 2019. <https://doi.org/10.5752/P.2316-1752.2019v26n39p255>
- LIMA, A. M. M.; FERREIRA, K. M. N.; COSTA, T. N. C, Turismo e segurança hídrica, desafios na ilha do Combu, Pará. *Turismo e Sociedade*, v. 13, n. 1, p. 127-149, 2020.
- PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. *Derbyana*, v. 43, e777, 2022. <https://doi.org/10.14295/derb.v43.777>. Acesso em: 15 out. 2024.
- PIRES, B. C. B. *Avaliação do plano de gerenciamento de resíduos em usina termelétrica na ilha de Cotijuba no município de Belém-PA*. 57f. 2022. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém.

APÊNDICE B - DOCUMENTOS DA PESQUISA

Modelo de Formulário aplicado junto a estabelecimentos comerciais, hotéis e pousadas em Cotijuba, em um universo total de 36 aplicados.

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DO PAINEL DE SEGURANÇA HÍDRICA

1. Informações do Local

- Nome do Estabelecimento comercial: FAROL
- Categoria: POUSADA
- Nome do Proprietário e/ou representante: LUIS SILVA
- Coordenadas Geográficas: -12.26697 -48.56259

1. Acesso e Qualidade da água

1.1. Fonte de Água para consumo

- Qual é a principal fonte de água para consumo neste local?
 - ☒ Água da rede pública
 - ☒ Poço artesiano
 - ☐ Fonte natural
 - ☐ Água mineral
 - ☐ Outra: _____

1.2. Acesso à Água

- Com que frequência você tem acesso à água potável?
 - ☒ Todos os dias
 - ☐ Alguns dias da semana
 - ☐ Raramente
 - ☐ Nunca
- Selecione os principais desafios para obter água potável (marque todos que se aplicam):
 - ☐ Distância para a fonte de água
 - ☐ Custo elevado
 - ☐ Escassez de água
 - ☒ Qualidade inadequada
 - ☐ Outra: _____

1.3. Tratamento de Água para consumo

- Existe algum tipo de tratamento de água realizado antes do consumo?
 - ☒ Sim
 - ☐ Não
- Se sim, qual é o tipo de tratamento?
 - ☐ Filtro de carvão ativado
 - ☒ Cloração
 - ☐ Filtro de cerâmica
 - ☐ Osmose reversa
 - ☐ Outro: _____

1.4. Qualidade da Água

- Você considera a água que consome segura para beber?
 - ☐ Sim
 - ☒ Não

1.5. Impacto na Saúde

- Você ou alguém da sua família já teve problemas de saúde devido ao consumo de água não potável?
 - ☒ Sim
 - ☐ Não
- Se sim, quais problemas?
 - ☒ Diarreia
 - ☒ Vômito
 - ☐ Febre
 - ☐ Outra: _____

1.6. Satisfação Geral

- Quanto satisfeito(a) você está com o acesso à água potável em sua comunidade?
 - ☐ Muito satisfeito(a)
 - ☐ Satisfeito(a)
 - ☐ Neutro(a)
 - ☒ Insatisfeito(a)
 - ☐ Muito insatisfeito(a)

2. Coleta de lixo**2.1. Qual a frequência da coleta de lixo na sua área?**

- ☐ Diariamente
- ☐ 2-3 vezes por semana
- ☒ 1 vez por semana
- ☐ Menos de 1 vez por semana
- ☐ Não sei

2.2. Você está satisfeito com a frequência da coleta de lixo na sua área?

- ☐ Sim
- ☒ Não

2.3. Como você classifica a limpeza geral da sua área?

- ☐ Muito Limpa
- ☐ Limpa
- ☐ Moderadamente Limpa
- ☒ Suja
- ☐ Muito Suja

2.4. Você sabe como separar corretamente os resíduos recicláveis dos orgânicos?

- ☒ Sim
- ☐ Não

2.5. Você tem acesso a informações sobre a coleta seletiva em sua área?

- ☒ Sim
- ☐ Não

Resultados em valores percentuais dos checklists aplicados na ilha de Cotijuba.

Qual a principal fonte de água para consumo neste local?	Água da rede pública	Poço Artesiano	Fonte Natural	Água Mineral	Outra
%do total de 36 amostragens	27%	55%	0%	18%	0%
Com que frequência você tem acesso a água para uso e consumo?	Todos os dias	Alguns dias da semana	Raramente	Nunca	
%do total de 36 amostragens	50%	41%	9%	0%	
Selecione os principais desafios para obter água potável	Distância para a fonte de água	Custo elevado	Escassez de água	Qualidade Inadequada	
%do total de 36 amostragens	5%	5%	40%	50%	
Existe Algum tipo de tratamento de água realizado antes do consumo?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	95%	5%			
Quais tipos de tratamento?	Filtro de carvão ativado	Cloração	Filtro de cerâmica	Osmose reversa	Fervura
%do total de 36 amostragens	0%	80%	0%	0%	20%
Você considera a água que consome segura para beber?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	10%	90%			
Você ou alguém da sua família já teve problemas de saúde devido ao consumo de água?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	100%	0%			
Se sim, quais?	Vômito	Diaréia	Febre	Outro	
%do total de 36 amostragens	20%	70%	5%	5%	
Quão satisfeito voce está como acesso a água potável em sua comunidade?	Muito Satisfeito	Satisfeito	Neutro	Insatisfeito	Muito Insatisfeito
%do total de 36 amostragens				27%	73%
Qual a frequência da coleta de lixo na sua área	Diariamente	2-3 vezes por semana	1 vez por semana	Menos de 1 vez	Não sei
%do total de 36 amostragens	0%	0%	80%	17%	3%
Voce está satisfeito com a coleta de lixo na sua área?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	0%	100%			
Como Você classifica a limpeza geral da sua área?	Muito Limpa	Limpa	Moderadamente Limpa	Suja	Muito Suja
%do total de 36 amostragens	0%	0%	10%	70%	20%
Voce sabe separar corretamente os resíduos recicláveis dos orgânicos?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	30%	70%			
Voce tem acesso a informações sobre a coleta seletiva em sua área?	Sim	Não			
%do total de 36 amostragens	60%	40%			