



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

FÁBIO CARDOSO FERREIRA

**VARIABILIDADE E ALTERAÇÕES DOS PADRÕES CLIMÁTICOS DE
PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VIGIA DE NAZARÉ**

Belém - PA

2023

FÁBIO CARDOSO FERREIRA

**VARIABILIDADE E ALTERAÇÕES DOS PADRÕES CLIMATICOS DE
PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VIGIA DE NAZARÉ**

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

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

Linha de pesquisa: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

Orientador: Profº. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes.

Belém - PA

2023

**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)

F383v Ferreira, Fábio Cardoso.

Variabilidade e alterações dos padrões climáticos de precipitação
no município de Vigia de Nazaré / Fábio Cardoso Ferreira. — 2023.

56 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bergson Cavalcanti de Moraes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto
de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e
Desastre na Amazônia, Belém, 2023.

1. Extremos de precipitação. 2. Mudanças climáticas. 3.
Desastres naturais - Vigia de Nazaré (PA). 4. Ações de respostas.
I. Título.

CDD 363.3492

FÁBIO CARDOSO FERREIA

**VARIABILIDADE E ALTERAÇÕES DOS PADRÕES CLIMÁTICOS DE PRECIPITAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE VIGIA DE NAZARÉ.**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

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

Linha de pesquisa: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico.

Data de Aprovação: 12/05/2023

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

BERGSON CAVALCANTI DE MORAES

Data: 30/05/2023 13:40:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Bergson Cavalcanti de Moraes – Orientador
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará



Documento assinado digitalmente

JOAO DE ATHAYDES SILVA JUNIOR

Data: 31/05/2023 17:08:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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



Documento assinado digitalmente

GIORDANI RAFAEL CONCEICAO SODRE

Data: 31/05/2023 19:49:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tec. Sr. Giordani Rafael Conceição Sodré – UFPA
Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará



Documento assinado digitalmente

JOAO BATISTA MIRANDA RIBEIRO

Data: 01/06/2023 16:25:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Batista Miranda Ribeiro – UFPA
Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por está comigo em todos os momentos da minha vida, por cuidar de mim e me proteger, guiando-me pelos caminhos da honestidade, dignidade, integridade e permitir que chegasse até aqui.

A minha filha Ester Sadraque a ao meu filho Mateus Sadraque, presentes que Deus me deu para me inspirar e para os quais dedico cada segundo da minha existência.

A minha esposa pelo companheirismo, pela parceria, pela paciência e pela atenção a mim dispensada.

A minha mãe Neuza Estelita, pela criação, torcida, incentivo, admiração, amor, e por inumeros momentos ter olhado em meus olhos e percebido que eu precisava de seus carinhos e de uma palavra amiga e, do seu jeito peculiar ter sanado tudo isso em mim.

Aos meus amigos, Dr. Wellington Trindade e Dr Diego pela amizade, orientações, sugestões, paciência e consideração.

Ao meu amigo Hugo de Souza Ferreira do CPRM que me ajudou na confecção dos mapas.

A minha prima Perla do Carmo pelo apoio e disponibilidade nos mommentos em que precisei

Aos amigos do PPGGRD da UFPA, pelos conhecimentos divididos durante o período do mestrado.

Ao meu orientador Dr. Bergson Moraes, pelos seus ensinamentos, direcionamento, conselhos, profissionalismo e pela colaboração para a realização desse trabalho.

RESUMO

Estudos sobre a frequência e intensidade de ocorrências da precipitação tem sido uma das temáticas mais importantes para compreender a variabilidade dos padrões climáticos na região tropical. O município de Vigia de Nazaré está sujeito a elevados índices de precipitação, principalmente no período chuvoso, que eleva o nível estuarino do rio Pará, influenciando diretamente no transbordo dos canais adjacentes. As precipitações, na cidade de Vigia de Nazaré, têm se intensificado nas últimas décadas, tanto no volume quanto na intensidade e o principal efeito é o aumento do risco de desastres naturais, como inundações e alagamentos. Este estudo tem como objetivo principal caracterizar o incremento da ameaça natural de precipitação na cidade de Vigia de Nazaré, com o intuito de mitigar os riscos a desastres naturais causados pela variação da precipitação. Os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa foi a análise de dados disponibilizados pelo climate hazards Group InfranRed precipitation with stations (CHIRPS), dos dados de temperatura da superfície do mar (TSM) e dos dados disponíveis na plataforma do MapBiomas, sendo que para a análise de frequência de precipitação foram processados os dados diários no software MICROSOFT EXCEL utilizando a sintaxe de expressão estatística FREQUÊNCIA(matriz_dados; matriz_bin) e para análise da correlação entre os dados de precipitação e da TSM, foi empregada a técnica estatística de correlação de Pearson. Os resultados mais significativos e importantes da pesquisa foi em relação aos aumentos dos riscos de desastres naturais em Vigia de Nazaré, como inundações e alagamentos em decorrência das relevantes mudanças que estão ocorrendo na paisagem natural de cobertura vegetal. Com isso, as precipitações, certamente, têm se intensificado significativamente nas ultimas décadas. Como resultado para toda essa problemática que a cidade de Vigia de Nazaré a anos vem enfrentando, esta pesquisa tem como produto técnico um plano técnico operacional, ferramenta estratégica importante para as ações de respostas a estes desastres.

Palavras-chave: desastres naturais; precipitação; plano operacional; cidade de Vigia de Nazaré-Pa.

ABSTRACT

Studies about the frequency and intensity of precipitation occurrence have been one of the most important themes to understand the climatological variability in the tropical region. Vigia of Nazare municipality is being subject of high rates of precipitation, especially in the rainy season, which raises Pará River estuarine level, directly influencing the adjacent channel's overflow. The precipitation, in Vigia of Nazare city, has been intensified in the last decades, in both size and intensity and the main effect is natural disaster risk, as inundations and floods. This study has as its main objective characterize the natural precipitation threat increase in Vigia of Nazare city, aiming to mitigate natural disasters risk caused by the precipitation variation. The methodological procedures used in order to carry out this research were the data analysis made available by climate hazards Group InfranRed precipitation with stations (CHIRPS), the sea surface temperature data (TSM) and from the available data in the MapBiomass platform, for the analysis of the precipitation frequency daily data were processed in the MICROSOFT EXCEL software using the statistic syntax expression FREQUENCY (matrix_data; matrix_bin) and for the correlation analysis between the precipitation data and the TSM, the Pearson correlation statistic technique was applied. The most important results of the research were the raise risk of natural disasters in Vigia of Nazare, such as inundations and floods as a result of the relevant changes occurring in the natural landscape vegetal cover. Hence, the precipitation, certainly, has been significantly intensified in the last decades. As a result, for all of the problematic that Vigia of Nazare city has been facing for years, this research has as technical product an operational technical plan, import strategic tool for action answers to these disasters.

Keywords: natural disasters; precipitation; operational plan; Vigia of Nazare city.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Uso e ocupação irregulares às margens do Igarapé da Rocinha, Bairro Centro, Vigia de Nazaré. (A) Nível normal do igarapé, no dia 15 de abril de 2023, dia sem registro de precipitação e (B) Cheia do igarapé, no dia 09 de fevereiro de 2023, dia de alto índice de precipitação, durante a estação chuvosa	13
Figura 2 - Condições de drenagem da água pluvial na área urbana central de Vigia de Nazaré. (A) Ambiente sem chuva registrado no dia 15 de abril de 2023 e (B) ambiente totalmente inundado após fortes chuvas ocorridas no dia 02 de fevereiro de 2023, durante período chuvoso.....	14
Figura 3 - Vários ambientes alagados no município de Vigia de Nazaré (PA). Após o registro de alto índice de precipitação no dia 02 de fevereiro de 2023, durante a estação chuvosa. (A) e (B) bairro Arapiranga, (C) e (D) bairro Centro, (E) e (F) bairro Sol Nascente.....	17
Figura 4 - Classificação do uso do solo e cobertura da terra nos municípios Colares, Santo Antônio do Tauá e Vigia de Nazaré (PA). Vigia de Nazaré em destaque no mapa.	20
Figura 5 - Localização geográfica do município de Vigia de Nazaré.	22
Figura 6 - Variação temporal da área de formação florestal em Vigia de Nazaré.	26
Figura 7 - Variação temporal da área de Pastagem em Vigia de Nazaré.	26
Figura 8 - Variação temporal da infraestrutura urbana em Vigia de Nazaré.....	27
Figura 9 - Variação do acumulado decadal da precipitação em Vigia de Nazaré.	28
Figura 10 - Variabilidade da precipitação anual nas 4 décadas.....	29
Figura 11 - Variabilidade anual da precipitação no município de Vigia de Nazaré (a) e da anomalia de TSM na região de El Niño 1+2 (b).	30
Figura 12 - Variabilidade mensal da precipitação em Vigia de Nazaré.	32
Figura 13 - Alterações nos padrões climatológicos de precipitação em Vigia de Nazaré.....	32
Figura 14 - Alteração decadal da frequência percentual diária das precipitações em Vigia de Nazaré.....	33
Figura 15 - Componentes da Resposta a desastres.	46

Figura 16 - Furo da Laura.....	49
Figura 17 - Setorização dos ricos a alagamento e inundação	50
Figura 18 - Setor 1	51
Figura 19 - Setor 2.....	52
Figura 20 - Setor 3.....	53
Figura 21 - Setor 4.....	54
Figura 22 - Setor 5.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variações extremas de secas e chuvas na Região Amazônica. EN- El Niño, LN- La Niña, IP- Indo-Pacífico, TNA-Atlântico Norte Tropical, TSA- Atlântico Sul Tropical e SSA- Atlântico Sul Subtropical.....	18
Tabela 2 - Análise de correlação entre a precipitação de Vigia de Nazaré e a TSM nas regiões de El Niño.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
4	MATERIAL E MÉTODO	21
4.1	Área de estudo	21
4.2	Base de dados de precipitação.....	22
4.3	Base de dados de Temperatura da Superfície do Mar - TSM	23
4.4	Base de dados de cobertura do solo	23
4.5	Análise de frequencia.....	23
4.6	Análise de correlação	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1	Alterações do uso e da cobertura vegetal em Vigia de Nazaré	25
5.2	Variabilidade e alterações nos padrões climatológicos da precipitação em Vigia de Nazaré.....	27
5.2.1	Precipitação decadal.....	27
5.2.2	Precipitação anual	29
5.2.3	Precipitação mensal.....	31
5.2.4	Precipitação diária.....	32
6	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO	45

1 INTRODUÇÃO

Os impactos gerados por eventos de precipitação extremas são, na maioria das vezes, enquadrados na categoria de eventos naturais extremos ou desastres naturais, dependendo de sua magnitude e extensão espacial. Nas cidades brasileiras, seus principais efeitos são enchentes, inundações e movimentos de massa nas encostas (escorregamentos, deslizamentos, corridas ou fluxos de detritos, lama, etc.), todos estes classificados como perigos de origem hidroclimática (LIMBERGER; SILVA, 2016; BARCELLOS; QUADRO, 2019; SABOYA et al., 2021).

Borba et al. (2020), detalha trabalhos recentes sobre a evolução dos desastres naturais no Brasil e no mundo, no qual contextualiza o aumento da frequência da ocorrência e intensidade de eventos extremos que desencadeiam os impactos dos desastres naturais de origem climatológica. Projeções de extremos climáticos no futuro apontam para uma continuidade nas tendências de extremos em várias regiões no mundo (IPCC, 2021).

A variabilidade dos padrões de chuvas é fortemente influenciada por fenômenos atmosféricos e oceânicos de larga escala que ocorrem, por exemplo, nos oceanos Pacíficos (Oscilação Sul El Niño-ENSO) e Atlântico (Oscilação Decadal do Atlântico-OMA e Oscilação Multidecadal do Atlântico-OMA) (GARCÍA-GARCÍA; UMMENHOFER, 2015; RESENDE et al., 2019).

Os eventos de El Niño são as causas primárias de episódios de seca na região amazônica (MARENGO et al., 2018). Este fenômeno ocorre devido ao aquecimento anormal das águas superficiais do oceano Pacífico Central e Leste. Isto ocorre devido à intensa subsidência das massas de ar sobre a região que causa um deslocamento anômalo da Zona de Convergência Intertropical (principal sistema causador de chuva na região amazônica) sobre os oceanos Atlântico e Pacífico, inibindo as chuvas na Amazônia. Por outro lado, a La Niña é um evento oposto (esfriamento das águas superficiais do Pacífico) ao observado durante os períodos de El Niño e podem causar fortes chuvas na região amazônica (TEDESCHI et al., 2016; ESPINOZA et al., 2021).

Além da influência do oceano Pacífico, estudos recentes têm mostrado que mudanças na temperatura superficial do oceano Atlântico, exercem um papel secundário sob as chuvas na região amazônica (GARCÍA-GARCÍA; UMMENHOFER, 2015). Quando a temperatura superficial do oceano Atlântico aumenta, pode ocorrer a redução das chuvas e eventos de

seca, e quando a temperatura diminui, pode ocorrer um aumento das chuvas e eventos de inundação (FRIEDMAN et al., 2021).

Nas últimas décadas, vários autores realizaram estudos climáticos baseados em séries espaciais e temporais da precipitação para verificar a variabilidade e alterações da distribuição das chuvas na região amazônica (SANTOS et al., 2015; SANTOS et al., 2017; WANG et al., 2018). Eventos extremos de seca/chuva são cada vez mais frequentes, e têm acarretado sérias implicações socioeconômicas globais (MARENGO et al., 2016; EBI et al., 2021). Para a Amazônia, vários estudos têm documentado uma alta frequência de eventos climáticos extremos, que se intercalaram na região amazônica ao longo dos anos (SANTOS et al., 2017; FUNATSU et al., 2019, 2021; ESPINOZA et al., 2019, 2022).

Na região costeira paraense, eventos extremos de precipitação são responsáveis pelas principais vulnerabilidades dos municípios do nordeste paraense, especialmente quando ocorrem em áreas topograficamente baixas, como costas e planícies fluviais, e onde pessoas socialmente vulneráveis vivem, estudam ou trabalham (ANDRADE et al., 2017). Isso geralmente está associado à variabilidade e mudanças climáticas, bem como ao crescimento populacional, padrões de pobreza, e ocupação de áreas impróprias para habitação em ambientes urbanos (MARENGO et al., 2016; ANDRADE et al., 2017; SZLAFSZTEIN; ARAÚJO, 2021). Nesse contexto enquadra-se o município de Vigia de Nazaré, que por ser a área de atuação operacional do quartel do 17º Grupamento Bombeiro Militar, o qual tem atuado em várias ocorrências geradas pelos impactos das variabilidades e alterações climáticas, as quais vem em uma crescente tanto de frequência quanto de intensidade, causando com isso preocupação, justificando a importância de ser estudada.

Os principais problemas ambientais causados pela expansão da população no município de Vigia de Nazaré, estão relacionados com a ocupação desordenada de floresta de terra firme, floresta de várzea, matas ciliares e ecossistemas de mangue, devido ao crescimento desordenado das áreas urbanas, rurais, ribeirinhas e a expansão de área de pastagem (BARROS et al., 2022). O desmatamento da mata ciliar é um fator determinante para provocar a erosão e o assoreamento dos leitos dos rios, causando o desequilíbrio do sistema fluviomarinho, deixando a população vulnerável a eventos climáticos extremos (chuvas e secas) e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos, como enchentes e inundações dos rios ao seu entorno (MARENGO et al., 2016; ANA, 2019; LDC, 2020).

Nesse sentido, Bentes e Barbosa (2015) descreveram os impactos negativos do uso e ocupação do igarapé da Rocinha no município de Vigia de Nazaré. No qual, os autores confirmam que esta ocupação ocorre em uma Área de Preservação Permanente (APP) sobre áreas de manguezal e várzea. Neste contexto, a ocupação desordenada deste espaço periférico está sujeita ao aumento da degradação da vegetação natural, perda da mata ciliar, acumulação de resíduos sólidos, assoreamento e a impermeabilização do solo, fazem com que os canais adjacentes reduzam a vazão. Esta projeção piora ainda mais quando coincide a intensificação da precipitação, durante o período chuvoso, e a incidência das marés de sizígias (lua cheia e nova), ocasionando enchentes e inundações, consequentemente, causando prejuízos materiais aos moradores destas localidades, devido as águas invadirem as ocupações residenciais e comprometerem os móveis e a estrutura dos imóveis, além de aumentar o risco de proliferação de doenças causadas por veiculação hídrica (Figura 1).

Figura 1 - Uso e ocupação irregulares às margens do Igarapé da Rocinha, Bairro Centro, Vigia de Nazaré. (A) Nível normal do igarapé, no dia 15 de abril de 2023, dia sem registro de precipitação e (B) Cheia do igarapé, no dia 09 de fevereiro de 2023, dia de alto índice de precipitação, durante a estação chuvosa



Fonte: Autor.

O manejo de águas pluviais é um dos componentes essenciais do saneamento básico urbano, sendo extremamente necessário para a organização socioambientais, econômicos e estruturais dos municípios e sua população. A abordagem integrada dos quatro componentes do saneamento básico é importante para evitar, por exemplo, a água empoçada e a destinação e disposição inadequada de resíduos sólidos, que promove a proliferação de vetores de doenças, além do grave problema sanitário decorrente das ligações irregulares de esgoto ao sistema de drenagem pluvial, que ocasionam o retorno dos esgotos à superfície quando há chuvas fortes (SINIS, 2021). De acordo com o IBGE (2021), 67,56% da população de vigia

de Nazaré ocupa o espaço urbano do município, com apenas 2,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Vigia de Nazaré historicamente não possui gestão de política municipal de saneamento, plano municipal de saneamento, conselho municipal de saneamento e fundo municipal de saneamento, assim como a inexistência de planejamento e gestão de risco para mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanas, figura 2 (IBGE, 2017).

Figura 2 - Condições de drenagem da água pluvial na área urbana central de Vigia de Nazaré. (A) Ambiente sem chuva registrado no dia 15 de abril de 2023 e (B) ambiente totalmente inundado após fortes chuvas ocorridas no dia 02 de fevereiro de 2023, durante período chuvoso.



Fonte: Autor.

O município de Vigia de Nazaré está sujeito a elevados índices de precipitação, principalmente no período chuvoso, que eleva o nível estuarino do rio Pará, influenciando diretamente no transbordo dos canais adjacentes. A fim de mitigar os impactos atuais e futuros de inundação na região, inicialmente seria necessário compreender os eventos extremos climáticos de precipitação local, implementar e executar um plano municipal de saneamento básico e a elaboração de índice de vulnerabilidade aos desastres naturais, com apoio dos órgãos responsáveis da esfera estadual e federal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar o incremento da ameaça natural de precipitação na cidade de Vigia de Nazaré e propor ações de respostas aos possíveis impactos gerados.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a mudança do uso e da cobertura do solo e possíveis impacto nos padrões de precipitação local;
- b) Caracterização dos volumes e da variabilidade das precipitações decadais das últimas 4 décadas;
- c) Caracterização da variabilidade anual e correlação com os episódios de El Niño;
- d) Caracterização da variabilidade mensal, períodos mais e menos chuvosos e alterações nos padrões climatológicos;
- e) Análise de frequência das precipitações diárias e caracterização de aumento de intensidade dos eventos.
- f) Propor um plano técnico operacional para as ações de resposta aos desastres naturais de inundação na cidade de Vigia de Nazaré.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Estudos sobre a frequência e intensidade de ocorrência da precipitação tem sido uma das temáticas mais importantes para compreender a variabilidade dos padrões climatológicos na região tropical. Nas últimas décadas, trabalhos de heterogeneidade do padrão climático tem identificado e caracterizado eventos extremos de seca e chuva ao longo de séries históricas temporais, no entanto, suas medições e análises se tornaram complexas, devido a possíveis erros de localização, tipo e exposição dos instrumentos de medição (MOLION; DALLAROSA, 1990; COELHO et al., 1999; ZENG et al., 2008; VALE et al., 2011; BORMA et al., 2013; SANTOS et al., 2014, 2017).

Os eventos do El Nino/Oscilação Sul (ENOS) de 1982/1983, 1997/1998, 2004/2005 e 2010, foram um dos mais intensos e afetou severamente o clima da região amazônica, causando período extremamente seco, durante a estação chuvosa, ficou caracterizado por registrar o menor índice de precipitação pluviométrica nos últimos 40 anos (KAYANO E MOURA, 1986; ACEITUANO, 1988; MARENGO et al., 2008a; COELHO et al., 2013; JIMÉNEZ-MUÑOZ et al., 2016). Por outro lado, os eventos ENOS de La Niña apresentaram os efeitos dos padrões atmosféricos e oceânicos inversos, com uma série de episódios anômalos positivos de precipitação, causando enchentes e inundações dos rios Amazônicos (MERTES et al., 1995; COELHO et al., 1999, 2002; VALE et al., 2011; MARENGO et al., 2013a; LIMBERGER e SILVA, 2016). O ENOS pode causar anomalias climáticas extremas em várias áreas tropicais ao redor do mundo (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987; SERVAIN, 1991; NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 2000; RODRIGUES, 2011; CARPENEDO, 2018).

Alguns autores descrevem o movimento de inundação na zona litorânea, e afirmaram que esses movimentos estão com o nível cada vez maior na planície de inundação. Esta caracterização dos padrões e taxas de transferência de água da planície de inundação amazônica anual é o resultado da hidrologia de diferentes tipos de entrada de água na planície de inundação, que podem ocorrer sobre o solo nas encostas circundantes, nas inundações de afluentes locais e nas águas subterrâneas ou através da troca com o canal principal, que estão diretamente relacionadas aos eventos extremos de precipitação (RICHEY et al., 1989; MERTES et al., 1995; MARENGO et al., 2012; SANTOS et al., 2015). Estas condições climáticas em cidades ribeirinhas, causam vários problemas socioambientais nos municípios do nordeste paraense, como é o caso de Vigia de Nazaré - PA (Figura 3).

Figura 3 - Vários ambientes alagados no município de Vigia de Nazaré (PA). Após o registro de alto índice de precipitação no dia 02 de fevereiro de 2023, durante a estação chuvosa. (A) e (B) bairro Arapiranga, (C) e (D) bairro Centro, (E) e (F) bairro Sol Nascente.



Fonte: Autor.

O principal sistema meteorológico que causa as chuvas nesta região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo o período chuvoso compreendido normalmente entre os meses de janeiro e junho, quando a ZCIT se move em direção à área costeira e oceânica dos estados do Maranhão, Pará e Amapá. No segundo semestre, a ZCIT migra para o Hemisfério Norte e as poucas chuvas registradas neste período estão relacionadas às influências das linhas de instabilidade associadas à brisa marítima, aos vórtices ciclônicos de ar superior e às ondas de leste (FIGUEROA; NOBRE, 1990; MARENGO, 1995;

BARCELLOS et al., 2019).

As Linhas de Instabilidade (Lis), estes sistemas formam-se ao longo da costa amazônica e são responsáveis pela formação de 45% das chuvas próximo à costa litorânea dos estados do Pará e Amapá, bem como de precipitação na Amazônia Central, durante a estação seca (CAVALCANTI, 1982; MOLION, 1987; COEHN et al., 1989; GARSTANG et al., 1994; COEHN, 1995; ALCÂNTARA et al., 2011; OLIVEIRA; OYAMA, 2015).

A brisa fluvial é um importante padrão de vento verificado nos rios da região amazônica, caracterizado como um mecanismo físico do ar, no qual, devido ao distinto particionamento de energia apresentado pelas superfícies aquáticas e terrestres que promovem um marcante gradiente horizontal de temperatura, que se move em direção do continente durante o dia e vice-versa à noite (OLIVEIRA; FITZJARRALD, 1993; FITZJARRALD et al., 2008; PAIVA et al., 2011; COHEN et al., 2014; FAGUNDES et al. 2017).

Variações do padrão climático da precipitação na Amazônia têm sido uma constante preocupação para cientistas e para uma melhor compreensão desse complexo sistema de circulação atmosférica, vários autores desenvolveram trabalhos relacionados ao ENOS (La Niña e El Niño), com os respectivos eventos extremo sazonais de secas e chuvas/enchentes na Amazônia, durante períodos decadais, anuais, sazonais, mensais e diários, tabela 1.

Tabela 1 - Variações extremas de secas e chuvas na Região Amazônica. EN- El Niño, LN- La Niña, IP- Indo-Pacífico, TNA-Atlântico Norte Tropical, TSA- Atlântico Sul Tropical e SSA- Atlântico Sul Subtropical

(continua)

Ano	Eventos Extremos Sazonais	Eventos Relatados	Referências
1982-1983	Seca	EN + TNA quente	Sombroek (2001), Ronchail et al. (2005) e Marengo et al. (2008a, b)
1989	Chuva/enchente	LN	Ronchail et al. (2006), Marengo et al. (2011, 2013a, b) e Espinoza et al. (2013)
1995	Seca	EN + TNA quente	Espinoza et al. (2011)
1997-1998	Seca	EN + TNA quente	Sombroek (2001), Moran et al. (2006), Zeng et al. (2008), Marengo et al. (2008a, b, 2011), Espinoza et al. (2011), Tomasella et al. (2011, 2013) e Coelho et al. (2013)

(conclusão)

Ano	Eventos Extremos Sazonais	Eventos Relatados	Referências
1999	Chuva/enchente	LN	Ronchail et al. (2006), Marengo et al. (2011, 2013a, b), Espinoza et al. (2013) e Satyamurty et al. (2013)
2005	Seca	TNA quente	Aragão et al. (2007), Cox et al. (2008), Yoon e Zeng (2010), Marengo et al. (2008a, b, 2011), Espinoza et al. (2011), Coelho et al. (2013) e Tomasella et al. (2013)
2009	Chuva/enchente	TSA quente	Vale et al. (2011), Marengo et al. (2012), Sena et al. (2012) e Filizola et al. (2014)
2010	Seca	EN + TNA quente	Lewis et al. (2011), Marengo et al. (2011), Espinoza et al. (2011) e Coelho et al. (2013)
2012	Chuva/enchente	LN + TSA quente	Espinoza et al. (2013), Marengo et al. (2013a, b) e Satyamurty et al. (2013)
2014	Chuva/enchente	IP quente + SSA quente	Espinoza et al. (2014)

Fonte: Marengo e Espinoza (2015).

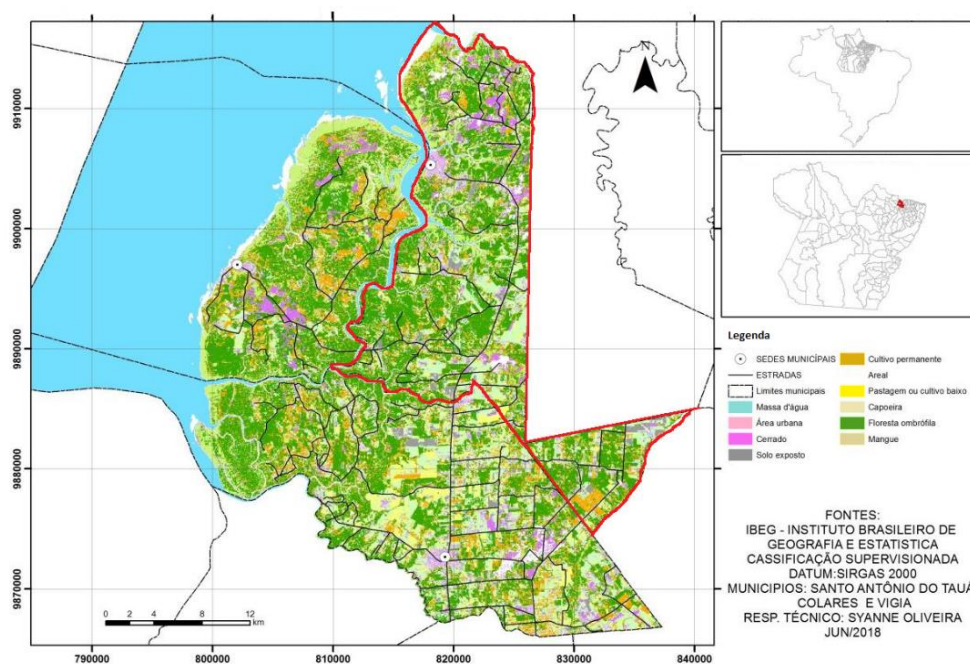
Nas últimas décadas, a ocupação humana aumentou drasticamente na Amazônia, e tem gerado vários impactos socioambientais, que estão relacionados diretamente ao desmatamento das florestas nativas para ocupação de atividades humanas, que também foram agravados pelo crescimento desordenado e a falta de saneamento básico das áreas urbanas e rurais dos municípios amazônicos. Esses problemas associados as variações climáticas extremas de precipitação, vem causando a erosão dos solos, assoreamento dos rios e inundações, afetando diretamente a qualidade de vida da população amazônica (NOBRE et al, 1989; COSTA et al., 1998; FEARNSSIDE, 2006, MARENGO et al., 2016).

Outros autores da década de 90 estimaram que a média anual de precipitação em área de floresta preservada foi 28% superior que as áreas desmatadas (TARDY et al., 1994; PAIVA; CLARKE, 1995). E mostraram a tendência de diminuição de 15 a 30% da precipitação sobre Amazônia, caso a região seja toda desmatada (COSTA et al., 1998). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), estudos sobre a variabilidade e mudanças climáticas indicam que é muito difícil separar as componentes humanas das componentes climáticas.

Oliveira (2019) realizou um levantamento da cobertura do solo nos municípios de Colares, Santo Antônio do Tauá e Vigia de Nazaré (PA), devido à similaridade entre os três municípios, classificou o uso e a cobertura da terra (Figura 4). Onde observou grandes

mudanças na cobertura da terra entre 1984 e 2017, como a diminuição da floresta ombrófila e de mangue no último período e a expansão gradativa da área urbana, cerrado, solo exposto, cultivo permanente, pastagem, além do crescimento das áreas de vegetação secundária (Capoeira).

Figura 4 - Classificação do uso do solo e cobertura da terra nos municípios Colares, Santo Antônio do Tauá e Vigia de Nazaré (PA). Vigia de Nazaré em destaque no mapa.



Fonte: Oliveira (2019).

Barros et al. (2022) realizou análises no uso e cobertura da terra no município de Vigia de Nazaré nos anos de 1985 e 2018. Onde observou alterações na cobertura vegetal original de terra firme e verificou a substituição da floresta densa dos baixos platôs pela floresta secundária, esta mudança ocorreu principalmente pela expansão das áreas de pastagem, agrícola e urbana. Nas florestas de várzea e as matas ciliares ficaram sujeitas a inundação e nas margens com influência salina predominaram as florestas de mangue.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Área de estudo

O município de Vigia de Nazaré está localizado na área intermediária e imediata de Castanhal, na Região de Integração do Guamá e Polo Turístico Amazônia Atlântica. Apresenta uma área total de 539,079 km², com uma população estimada em 2021 de 54.650 pessoas, segundo o IBGE, 2023 (Figura 5).

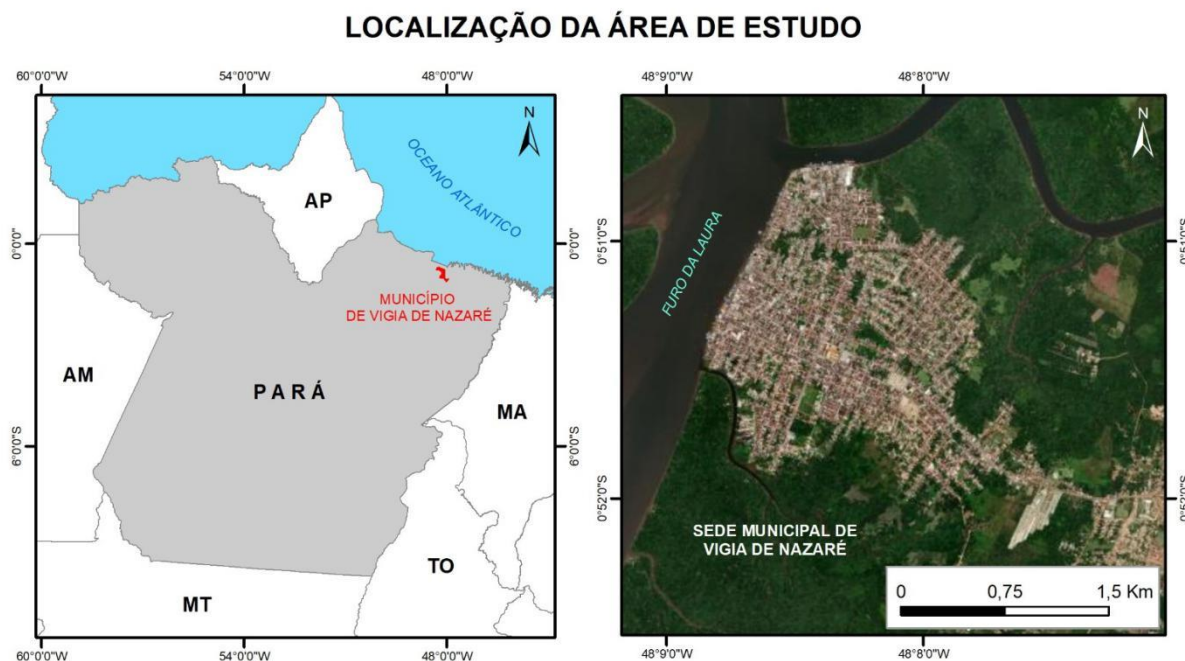
O município de Vigia de Nazaré está situado na zona do Salgado, e anteriormente foi uma aldeia de índios, povoada pelos tupinambás, cujo nome era ‘Uruitá’, sendo posteriormente transformado pelo governo colonial em um posto alfandegário, denominado de Vigia de Nazaré, que servia para fiscalizar e proteger, de contrabandistas, as embarcações que tinham como objetivo saquear Belém. Essa iniciativa fora a causa da formação do Povoado, que se elevou à Vila, em 1693.

Faz limite ao Norte com o Oceano Atlântico e município de São Caetano de Odivelas. A Leste com os municípios de São Caetano de Odivelas e Castanhal ao Sul com o município de Santo Antônio do Tauá. A Oeste com os municípios de Colares e Baía do Marajó

A hidrografia do município é caracterizada pelo furo da Laura, braço de rio que faz limite a oeste com o município de Colares. Para esse furo convergem vários rios e igarapés do município, como o rio Bituba ou Pataueteua, que serve de limite com o município de Santo Antônio do Tauá; o rio Baiacu, ao sul; o rio Guarimã e seus afluentes, entre os quais, o Santa Maria (margem esquerda) e o Curuçazinho (margem direita); e o rio Açaí. Desaguando no Atlântico há o rio Barreta, que serve de limite a nordeste com o município de São Caetano de Odivelas. Há, também, um pequeno trecho do rio Braço Esquerdo Marapanim, a sudeste, sem muita expressão hídrica, que serve de limite com o Município de Castanhal.

A cobertura vegetal municipal é originalmente da terra firme, composta pelo subtipo floresta densa dos baixos platôs, pela ação dos desmatamentos, foi substituída pela Floresta Secundária, atingindo vários estágios de regeneração. Nas planícies aluviais (sujeitas a inundação), onde não existe a influência salina do mar, ocorre florestas de várzea e as matas ciliares.

Figura 5 - Localização geográfica do município de Vigia de Nazaré.



Fonte: Autor.

4.2 Base de dados de precipitação

Foi utilizada a base de dados do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS), que consiste num conjunto de dados formado por diversas fontes de informações, que são: (I) The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology (CHPClim), (II) Observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (Thermal Infrared, TIR), geoestacionárias quase globais da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Centro de Previsão Climática (CPC) e o National Climatic Data Center Climáticos (NCDC), (III) Campos de Precipitação do Coupled Forecast System da NOAA, versão 2 (CFSv2), (IV) Diversas observações de precipitação através de produtos de estações meteorológicas e outros serviços regionais (Prakash, 2019).

A principal característica desse conjunto de dados está na alta resolução espacial de aproximadamente 5 km, próximo ao Equador, cobertura geográfica global de 50°S a 50°N, com o período de dados iniciando em 1981 e se estendendo até os dias atuais, sendo disponibilizado em UCSB (<ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0/>), em formato NetCDF, GeoTiff e Esri BIL, nas resoluções temporais diários, pentadais, mensais e anuais.

Os dados são pontuais medidos na travessa Vilhena Alves, bairro Centro, Vigia de Nazaré – Pa, Brasil, nas coordenadas geográficas de latitude - 0856 e longitude - 48,139.

4.3 Base de dados de Temperatura da Superfície do Mar - TSM

Os dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos através do banco de dados da National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos E.U.A, que é uma instituição ligada ao governo estadunidense que faz parte do Departamento de Comércio dos Estados Unidos. Os dados são livres e estão disponíveis em <https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst.html>.

4.4 Base de dados de cobertura do solo

Para a avaliação da dinâmica de antropização do solo no município de Vigia de Nazaré, foram utilizados os dados disponíveis na plataforma do MapBiomas.

Os dados de mapeamentos anuais, disponibilizados na plataforma, tem início em 1985 e se estendem até o ano de 2021, e foram gerados com base em imagens Landsat com resolução espacial 30 m, na escala 1:5.000.000. Esse mapa foi refinado com base no mapa de fitofisionomias do RADAM na escala 1:1.000.000 e com base nos limites estaduais do IBGE de 2013 na escala 1:250.000.

Os dados do MapBiomas são públicos, abertos e gratuitos sob licença Creative Commons CC-CY-AS e estão disponíveis em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>.

4.5 Análise de frequência

Para a análise das frequências de precipitações, foram processados no software MICROSOFT EXCEL os dados diários pontuais extraídos , utilizando a sintaxe de expressão estatística abaixo:

$$=FREQÜÊNCIA(matriz_dados; matriz_bin) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

A matriz_dados é constituída dos dados diários de precipitação da referida década (1º, 2º 3º e 4º década);

A matriz_bin é constituída pelos intervalos de intensidade das precipitações, que variaram de 10 em 10 mm de precipitação, com a amplitude de 0 a 70 mm.

4.6 Análise de correlação

Para a correlação entre os dados de precipitação e da TSM, foi empregada a técnica estatística de correlação de Pearson. O coeficiente de Pearson é representado pela letra “r” e varia de -1 a 1, onde $r = 1$ significa uma correlação perfeita e positiva entre as duas variáveis.

O caso oposto é uma correlação negativa e perfeita entre as duas variáveis, ou seja, se uma aumenta, a outra sempre diminui retorna um $r = -1$. Quando o $r = 0$, significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra, porém, pode existir uma outra dependência que seja “não linear”. Assim, o resultado $r=0$ deve ser investigado por outros meios.

Os dados foram processados no MICROSOFT EXCEL através do módulo de análise de dados e análise de correlação, tendo então como produto final uma matriz de correlação entre as colunas de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.7 Alterações do uso e da cobertura vegetal em Vigia de Nazaré

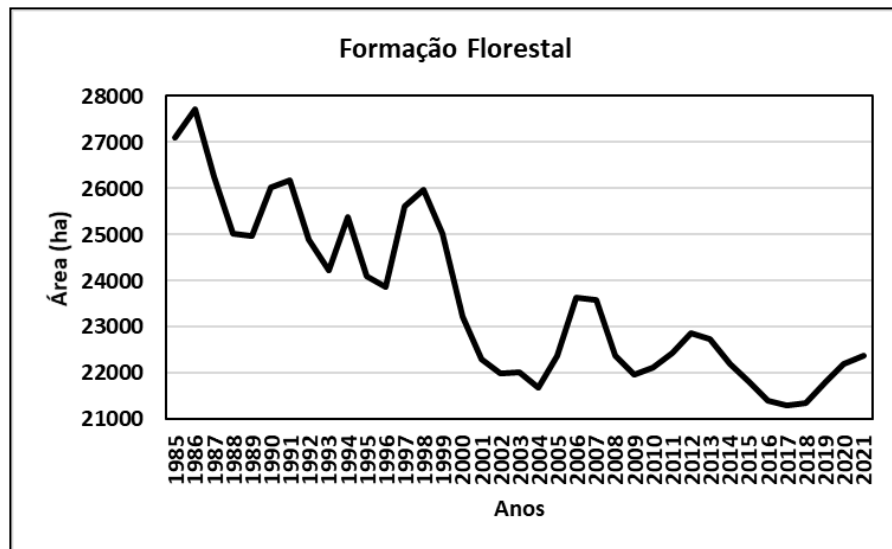
Foi observado que o município perdeu grande parte de sua cobertura vegetal natural, a Formação Florestal, entre os anos de 1985 e 2021 foi observada uma perda de 17%, com anos críticos compreendidos entre 2016 a 2019, em que esses valores percentuais chegaram a 21% de perda da área verde (Figura 6).

Por outro lado, as áreas de pastagens têm aumentado de forma significativa no município nos últimos anos, com uma variação entre os anos de 1985 e 2021 que alcançou os 55%, sendo os anos críticos os também compreendidos entre 2016 a 2019, período em que os valores chegaram a 63% (Figura 7).

As áreas urbanizadas em Vigia de Nazaré também se expandiram abruptamente nos últimos anos, e apresentaram o maior incremento relativo no período do estudo, cerca de 390% (Figura 8), situação essa que é, na maioria das cidades do Brasil de forma desordenada e sem a infraestrutura apropriada, principalmente para o enfrentamento dos desastres naturais.

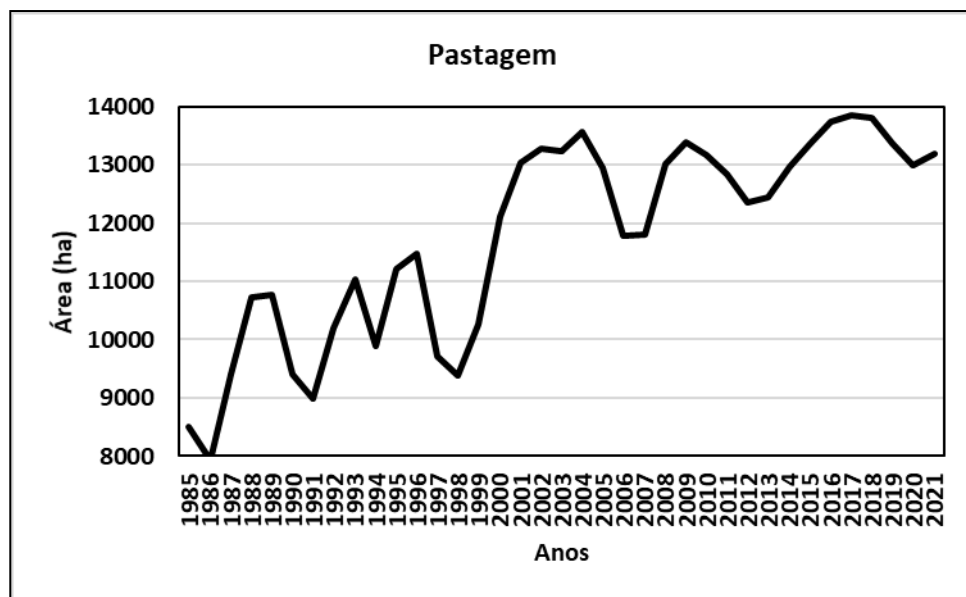
Esses cenários descritos acima estão de acordo com o relatório da ONU (2022), que sugere que a somatória desses fatores acima citados, diminuem a resiliência das cidades e aponta para um futuro catastrófico. Ainda nesse mesmo relatório, o Relatório Mundial das Cidades 2022, publicado pelo ONU-Habitat (2022), a população urbana continua crescendo, e a previsão é de que cidades em todo mundo tenham 2,2 bilhões de habitantes a mais até 2050. No ritmo atual, a estimativa é que a população urbana passe de 56% do total global em 2021 para 68% em 2050.

Figura 6 - Variação temporal da área de formação florestal em Vigia de Nazaré.



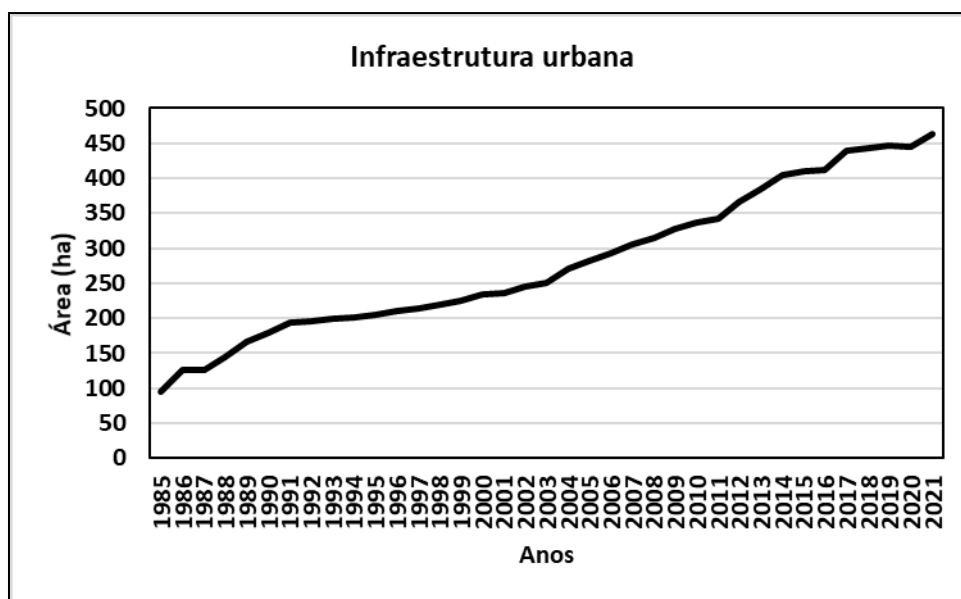
Fonte: Autor.

Figura 7 - Variação temporal da área de Pastagem em Vigia de Nazaré.



Fonte: Autor.

Figura 8 - Variação temporal da infraestrutura urbana em Vigia de Nazaré.



Fonte: Autor.

4.8 Variabilidade e alterações nos padrões climatológicos da precipitação em Vigia de Nazaré

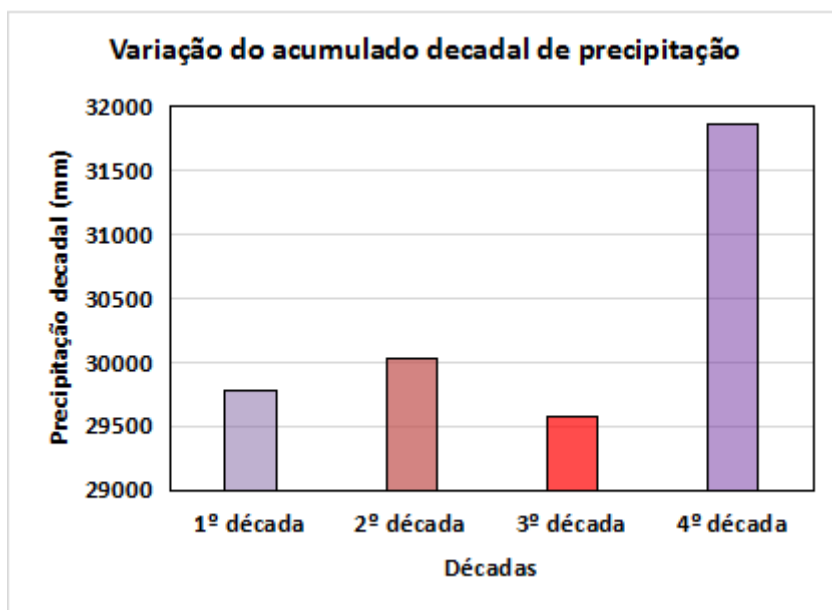
4.8.1 Precipitação decadal

De forma geral a precipitação acumulada decadal variou de forma suave nas últimas décadas, com exceção da última década. Na primeira década que corresponde ao período de 1981 a 1990, segunda década correspondente ao período de 1991 a 2000 e terceira década referente ao período de 2001 a 2010, as precipitações foram menores em 7%, 6% e 8%, quando comparadas com a quarta década que refere-se ao período de 2011 a 2021, respectivamente.

Na 1ª década o acumulado de precipitação, ou seja, a somatória de todos os 10 anos compreendidos no período decadal foi 29789 mm, seguido de 30025 mm, 30025 mm, 29574 mm e 31868 mm na 2ª, 3ª e 4ª década, respectivamente (Figura 9)

Esse cenário de aumento expressivo pode estar associado com as mudanças do uso e da cobertura da superfície em escala local, conforme descritos acima.

Figura 9 - Variação do acumulado decadal da precipitação em Vigia de Nazaré.

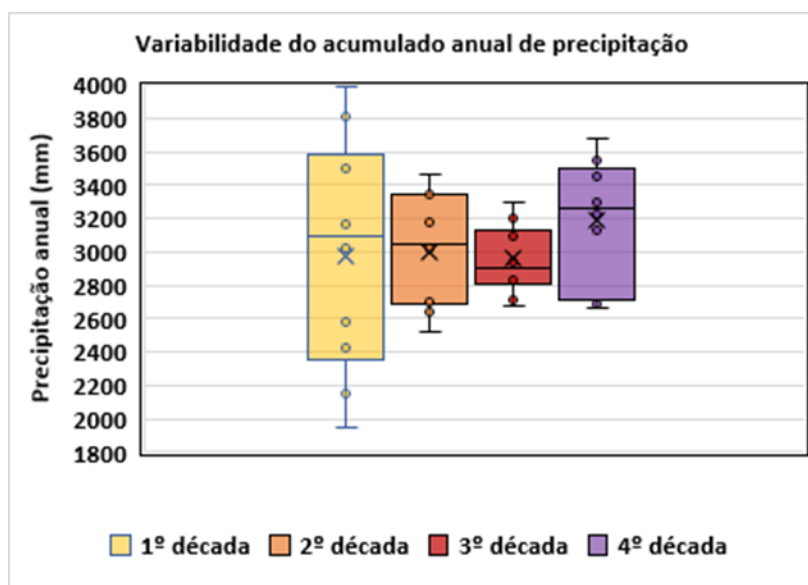


Fonte: Autor.

A variabilidade anual da precipitação em cada década pode ser observada na Figura 10. A maior variabilidade está concentrada na 1ª década, com extremos anuais que variaram de 1945 mm a 3988 mm, e média de 2979 mm. A década de menor variabilidade foi a 3ª, com valores extremos entre 3300 mm e 2680 mm, com média da década de 2957.

Os maiores valores médios foram observados na última década, com um valor anual de 3187 mm, o que indica que a última década foi em média a mais chuvosa.

Figura 10 - Variabilidade da precipitação anual nas 4 décadas



Fonte: Autor.

4.8.2 Precipitação anual

A precipitação anual é bastante variável no município de Vigia de Nazaré, com um valor médio de 3042 mm, com desvios médios que oscilam entre 3468 mm e 2616 mm. Porém foi observado que em anos anômalos, a precipitação pode ser reduzida a menores que o desvio negativo, com os anos de 1981, 1983, 1987, 1997 em que a precipitação chegou a atingir o valor de 1945 mm anual.

Por outro lado, foram observados anos com valores de precipitação anual superiores ao desvio positivo, os anos de 1985, 1989, 2018, com valores que chegaram a atingir 4000 mm anual (Figura 11 (a)).

A análise de correlação entre a precipitação mensal e a temperatura da superfície do mar (TSM), nas quatro regiões de ocorrência do fenômeno El Niño, no oceano Pacífico, indicou que a maior correlação está relacionada com a região de El Niño 1+2, com coeficiente de correlação de 0,71 (Tabela 2), para um grau um nível de significância de 0,01, que indica um risco de 1% de concluir que existe uma diferença entre os resultados do estudo e a hipótese nula.

A Figura 11 (b) ilustra a variabilidade da anomalia de TSM na região do El Niño 1+2. Pode ser observado que em anos de anomalia positiva, ou seja, de aquecimento das águas da

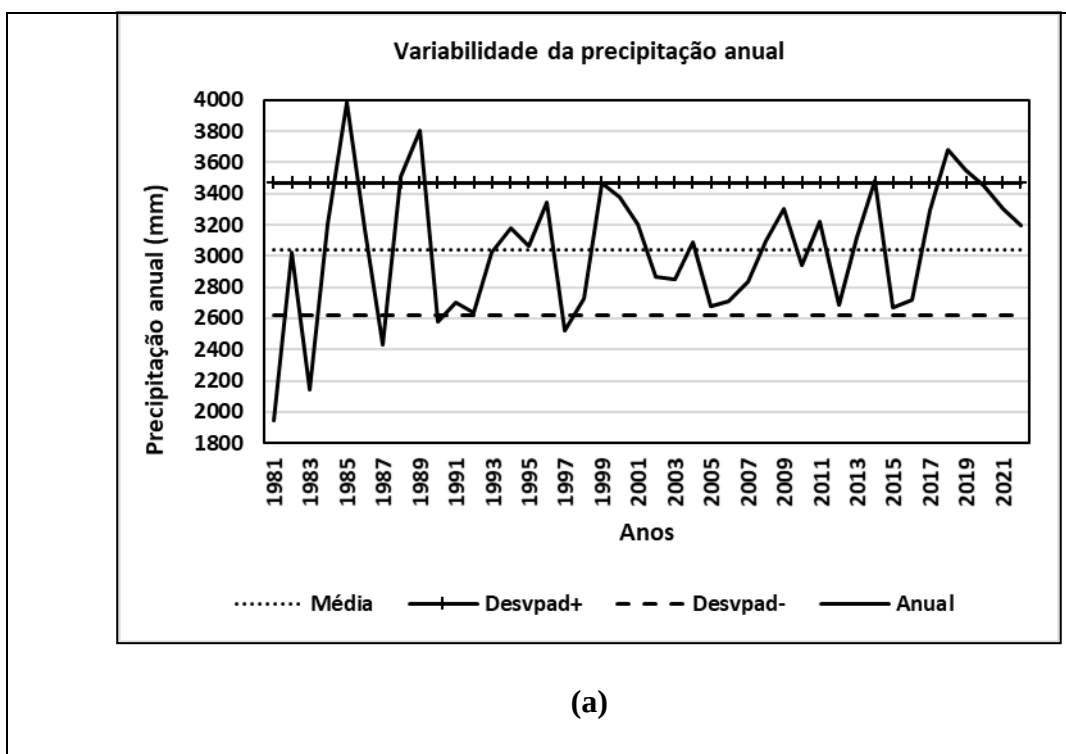
superfície do mar (El Niño), a precipitação apresenta uma redução em seus valores anuais. O caso inverso pode ser observado em anos de anomalia negativa, em anos de ocorrência do fenômeno La Niña, período em que as precipitações apresentam um aumento em seus valores.

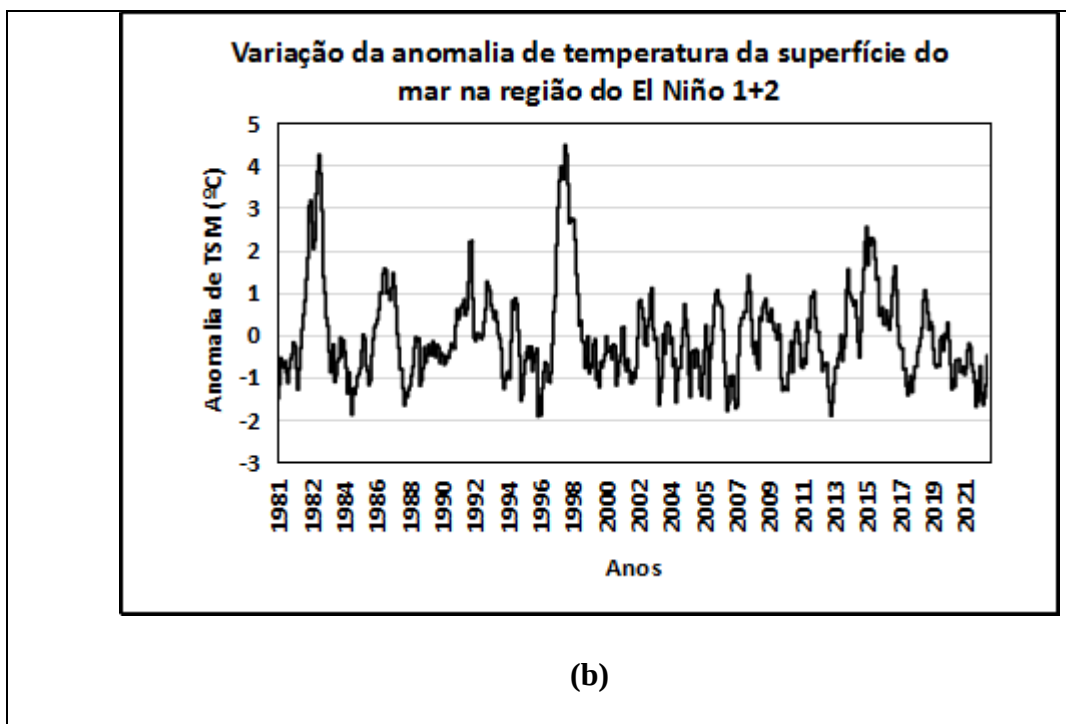
Tabela 2 - Análise de correlação entre a precipitação de Vigia de Nazaré e a TSM nas regiões de El Niño.

	<i>NINO1+2</i>	<i>NINO3</i>	<i>NINO4</i>	<i>NINO3.4</i>
PRP	-0,710531	0,456144	-0,27897	0,066369

Fonte: Autor.

Figura 11 - Variabilidade anual da precipitação no município de Vigia de Nazaré (a) e da anomalia de TSM na região de El Niño 1+2 (b).





Fonte: Autor.

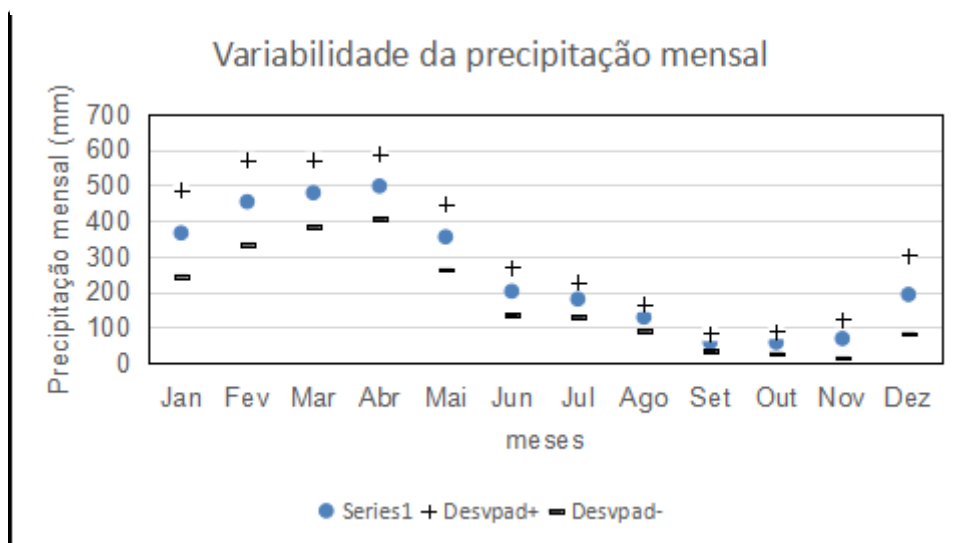
4.8.3 Precipitação mensal

A precipitação mensal em Vigia de Nazaré possui grande variabilidade ao longo do ano, com um período mais chuvoso compreendido entre os meses de fevereiro a abril, com valores médios oscilando em torno de 480 mm, e extremos que variam de 380 a 590 mm nesse período.

O período menos chuvoso possui início no mês de setembro e se estende até novembro, com valores médios que não superam os 90 mm, e extremo a ausência de precipitação (Figura 12).

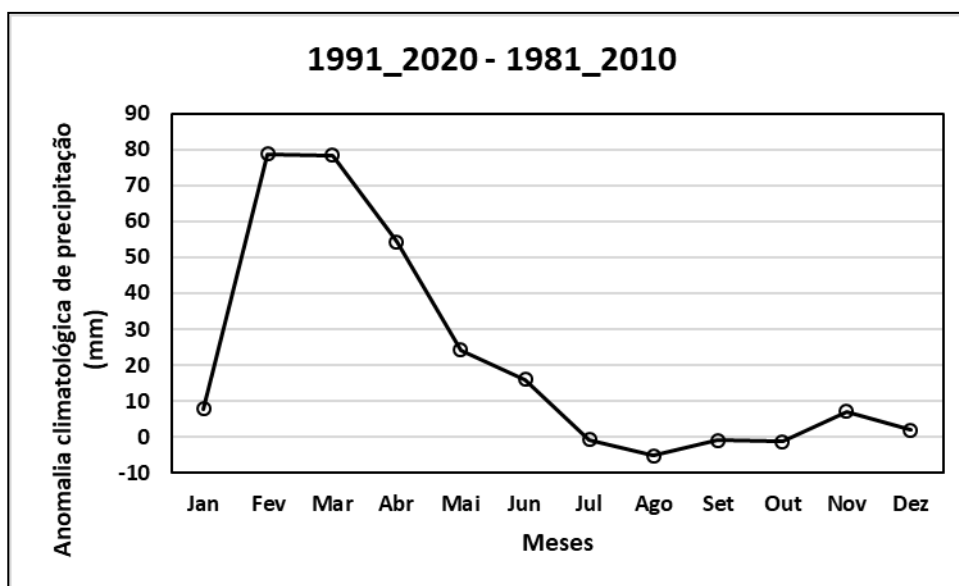
A comparação entre os períodos climatológicos de 1981 a 2010 versus o período de 1991 a 2020 indicou um aumento da precipitação mensal nos meses de fevereiro e março, com um aumento de 80 mm em cada mês, enquanto que no mês de abril, esse aumento foi de 60 mm, sendo o aumento acumulado anual de 260 mm (Figura 13).

Figura 12 - Variabilidade mensal da precipitação em Vigia de Nazaré.



Fonte: Autor.

Figura 13 - Alterações nos padrões climatológicos de precipitação em Vigia de Nazaré



Fonte: Autor.

4.8.4 Precipitação diária

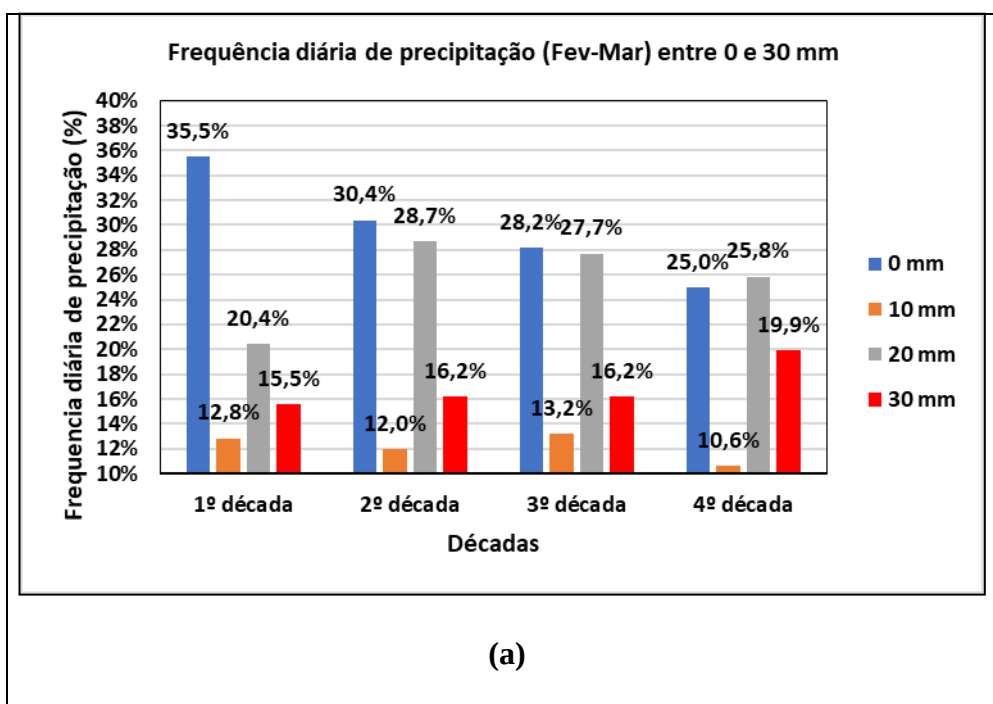
A precipitação diária em Vigia de Nazaré foi analisada na forma de frequência percentual, no bimestre de fevereiro e março devido esse ter sido caracterizado como sendo um bimestre que teve seus padrões climatológicos alterados, conforme descrito anteriormente.

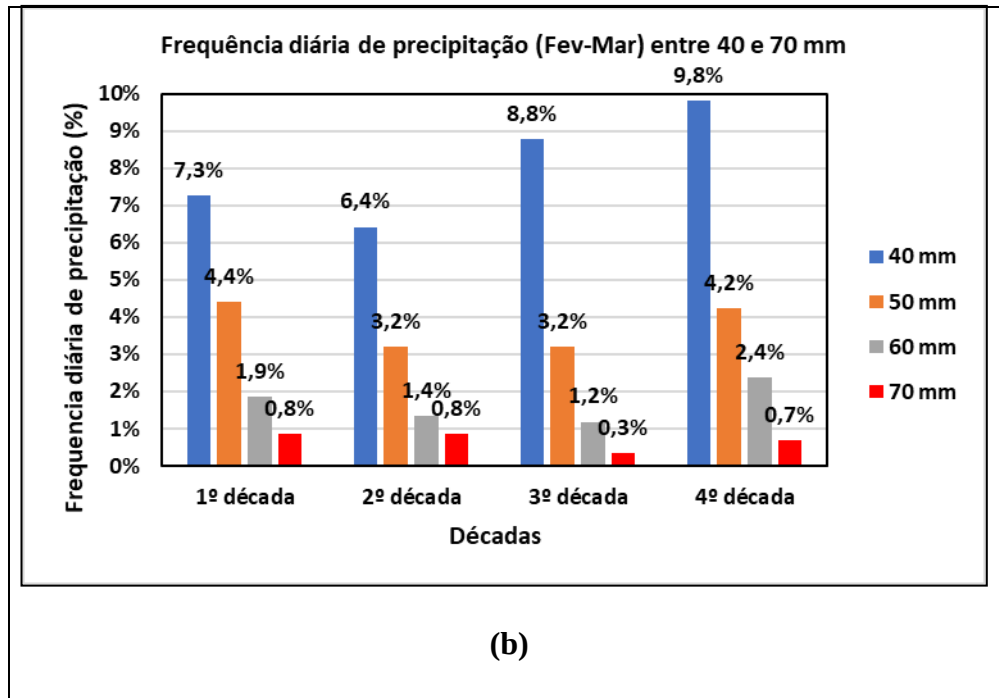
Foi observado que os dias com 0 a 10 mm de precipitação diminuíram cerca de 10%, enquanto que os dias com precipitação compreendidas entre 20 a 30 mm aumentaram cerca de 8%, 7% e 5% nas últimas décadas (Figura 14 a).

Aumento também foi observado nos dias com precipitações entre 30 e 40 mm, com percentual de aumento em torno de 5%. As classes seguintes, 40 a 50 mm oscilou em torno 3% de aumento, sendo as classes seguintes sem variação significativa (Figura 14 b).

Portanto, fica caracterizado o aumento da intensidade das precipitações na cidade de Vigia de Nazaré. Esse cenário favorece o surgimento de períodos de alagamento, além de intensificar e prolongar os períodos de inundação na cidade, que apresenta baixo esgotamento sanitário adequado, com apenas cerca 7,6 % de para toda a cidade.

Figura 14 - Alteração decadal da frequência percentual diária das precipitações em Vigia de Nazaré.





Fonte: Autor.

5 CONCLUSÕES

Nos últimos anos a cidade de Vigia de Nazaré teve o uso e a cobertura do solo alterados. Uma relevante mudança na paisagem natural de cobertura vegetal foi transformada em pastagem, edificações e superfícies antropizadas, o que certamente incrementa as ações das ameaças naturais. Somado a esses fatores, as precipitações, na cidade de Vigia de Nazaré, têm se intensificado nas últimas décadas, tanto no volume quanto na intensidade.

O principal efeito desse cenário descrito acima é o aumento do risco de desastres naturais, como inundações e alagamentos.

REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. **Monthly Weather Review**, v. 116, n. 3, p. 505-524, 1988.
- ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the role of the low level jets in Amazon squall lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília,DF: ANA, 2019. 112 p.
- ANDRADE, M. M. N.; ANDRADE A. S.; BEZERRA, P. E. S. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais no estado do Pará (Brasil). **Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible**, v. 10, n. 30, p. 1-16, 2017.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p.00-00, 2007.
- BARCELLOS, D. R.; QUADRO, M. F. L. Classificação de eventos extremos de precipitação quanto sua intensidade, persistência e abrangência na região das ZCAS. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, p. 76-81, 2019.
- BARROS, M. N. R.; et al. Análise do NVDI em uma área de transição de cerrado e vegetação secundária no município de Vigia-Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e7411325804, 2022.
- BENTES, L.; BARBOSA, E. J. S. Ocupação urbana em “baixadas” na zona costeira do Estado do Pará, caso do igarapé da Rocinha, cidade de Vigia de Nazaré. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 2, n. 02, 2015.
- BORBA, A. A.; GUERRA, P. M.; MOREIRA, L. A. G.; SACT, H. M.; ALMEIDA, J. A.; LIMA, H. M. Desastres naturais no Brasil e no mundo: uma análise holística com ênfase nos impactos dos eventos hidrológicos e meteorológicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 73718-73740, 2020.
- BORMA, L. S.; TOMASELLA, J.; ROBALLO, S.; CUARTAS, L.; RODRIGUES, D.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da defesa civil. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 305-337.
- CARPENEDO, C. B. Atividade convectiva associada às anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e impactos climáticos no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 64-83, 2018.

CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. 1982. 113f. Dissertação (Mestrado) - (PI INPE 2492 - TDL 097) - INPE, São José dos Campos, 1982.

COELHO, C. A. S.; DRUMOND, A.R.M.; AMBRIZZI, T.; SAMPAIO, G., 1999. Estudo climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódios extremos da Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 1, p. 49-65, 1999.

COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on precipitation patterns over South America during ENSO periods. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 1, p. 185-197, 2002.

COELHO, C. S. A.; CAVALCANTI, I. F. A.; ITO, E. R.; LUZ, G.; SANTOS, A. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; PEZZA, A. B. As secas de 1998, 2005 e 2010. Análise climatológica. In: BORMA, L. S e NOBRE, C. A. (eds). **Secas na Amazonia**: Causas e consequências. Oficina de Textos Press, São Paulo, p. 145-178, 2013.

COHEN, J. C. P. *et al.* Radar-observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V 29, p; 23-30. 2014.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v. 4, n. 11, p. 34-40, 1989.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A.F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.

COSTA, R. F. D.; FEITOSA, J. R. P.; FISCH, G.; SOUZA, S. S. D.; NOBRE, C. A. Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, p. 395-395, 1998.

COX, P. M.; HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R. A.; COLLINS, M.; JONES, C. D.; JUPP T. E.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. **Nature**, v. 453, n. 7192, p. 212-215, 2008.

EBI, K. L. *et al.* Extreme weather and climate change: population health and health system implications. **Annual Review of Public Health**, v. 42, n. 1, p. 293-315, 2021.

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J.; CARPIO, J. M.; FLORES, L. N.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in South-Western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124007, 2014.

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; SCHONGART, J.; JIMENEZ, J. C. The new historical flood of 2021 in the Amazon River compared to major floods of the 21st century: atmospheric features in the context of the intensification of floods. **Weather and Climate Extremes**, v. 35, p. 100406, 2022.

ESPINOZA, J.C.; RONCHAIL, J.; MARENGO, J.A.; SEGURA, H. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9–10, p. 5413–5430, 2019.

ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; FRAPPART, F.; LAVADO, W.; SANTINI, W.; GUYOT, J. L. The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970–2012 period: a focus on the 2012 flood. **Journal of Hydrometeorology**, v. 14, n. 3, p. 1000–1008, 2013.

ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L.; JUNQUAS, C.; VAUCHEL, P.; LAVADO, W.; DRAPEAU, G.; POMBOSA, R. Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): understanding the exceptional 2010 drought. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 13, 2011.

FAGUNDES, H. O.; CORREA, S. W.; PAIVA, R. C. D. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo MSWEP para a bacia Amazônica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 18, 2017, Santos-SP. **Anais[...]**. Santos-SP: INPE, 2017. p. 2027–2034.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, p. 395–400, 2006.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South América. **Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 5, n. 6, p. 36–45, 1990.

FILIZOLA, N.; LATRUBESSE, E. M.; FRAIZY, P.; SOUZA, R.; GUIMARÃES, V.; GUYOT, J-L. Was the 2009 flood the most hazardous or the largest ever recorded in the Amazon? **Geomorphology**, v. 215, p. 99–105, 2014.

FITZJARRALD, D. R. *et al.* Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 113, n. G1, 2008.

FRIEDMAN, A. R.; BOLLASINA, M. A.; GASTINEAU, G.; KHODRI, M. Increased Amazon Basin wet-season precipitation and river discharge since the early 1990s driven by tropical Pacific variability. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 3, p. 034033, 2021.

FUNATSU, B. M.; DUBREUIL, V.; RACAPÉ, A.; DEBORTOLI, N. S.; NASUTI, S.; LE TOURNEAU, F. M. Perceptions of climate and climate change by Amazonian communities. **Global Environmental Change**, v. 57, p. 101923, 2019.

FUNATSU, B. M.; LE ROUX, R.; ARVOR, D.; ESPINOZA, J. C.; CLAUD, C.; RONCHAIL, J.; MICHOT, V.; DUBREUIL, V. Assessing precipitation extremes (1981–2018) and deep convective activity (2002–2018) in the Amazon region with CHIRPS and AMSU data. **Climate Dynamics**, v. 57, p. 827–849, 2021.

GARCÍA-GARCÍA, D.; UMMENHOFER, C. C. Multidecadal variability of the continental precipitation annual amplitude driven by AMO and ENSO. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n. 2, p. 526-535, 2015.

GARSTANG, M. *et al.* Amazon coastal squall lines. Part I: Structure and kinematics. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 4, p. 608-622, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Diretoria de Pesquisas. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e Esgotamento sanitário. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo demográfico**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 19 abr. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. *In*: FIELD, C.B. *et al.* (eds.). **Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: University Press, 2014. p.1132.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. Climate change 2021 - the physical science basis. *In*: WORKING group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Switzerland, 2021.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. *et al.* Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2016.

KAYANO, M. T.; MOURA, A. D. O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 4, n. 2, p. 201-214, 1986.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V.; SCHRÖDER, P. H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846.

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

TUP LDC. **Estudo de impacto ambiental**: Rio Pará EIA/RIMA. [São Paulo]: Arcadis Design & Consultancy, 2020. v. II.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp - Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 554-554, 2011.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp - Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

MARENGO, J. A. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal Climatology**, v. 15, n. 9, p. 995-1010, 1995.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, p. 1033-1050, 2016.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, p. 1033-1050, 2015.esta repetido favor retirar e confirmar o ano

MARENGO, J. A. *et al.* Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 228, 2018.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013a.

MARENGO, J. A.; BORMA, L. S.; RODRIGUEZ, D. A.; PINHO, P.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2 n. 2, p. 87-96, 2013b.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; OYAMA, T. M.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, H.; ALVES, L.; OLIVEIRA, R. The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 3, p. 495-516, 2008a.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA J.; CARDOSO M. F.; OYAMA, M. D. Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1773-1778, 2008b.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, p. 1-5, 2011.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES W. R.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A. Extreme climatic events in the Amazon basin: climatological and hydrological context of previous floods. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 107, n. 1-2, p. 73-85, 2012.

MARENGO, J. A.; WILLIAMS, E. R.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. Extreme seasonal climate variations in the Amazon Basin: Droughts and floods. In: NAGY, L.; FORSBERG, B. R.; ARTAXO, P. (eds.). Interactions between biosphere, atmosphere and human land use in the Amazon Basin. **Ecological Studies**, v. 227, p. 55-76, 2016.

MERTES, L. A. K.; DANIEL, D. L.; MELACK, J. M.; NELSON, B.; MARTINELLI, L. A.; FORSBERG, B. R. Spatial Patterns Hydrology, Geomorphology, and Vegetation on the Floodplain of the Amazon River in Brazil from a Remote Sensing Perspective. **Geomorphology** v. 13, n. 1-4, p. 215-232, 1995.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 107-117, 1987.

MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazônia; são os dados confiáveis? **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 5, n. 3, p. 40-44, 1990.

MORAN, E. F.; ADAMS, R.; BAKOYÉMA, B.; FIORINI, S.; BOUCEK, B. Human strategies for coping with El Niño related drought in Amazônia. **Climatic Change**, v. 77, p. 343-361, 2006.

NOBRE, C. A.; SHUKLA, J.; SELLERS, P. J. Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 4, p. 44-53, 1989.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, v. 9, p. 2464-2479, 1996.

OLIVEIRA, A. P. DE; FITZJARRALD, D. R. The Amazon river breeze and the local boundary layer: I - Observations. **Boundary Layer Meteorology**, v. 63, p. 141-162, 1993.

OLIVEIRA, F. P.; OYAMA, M. D. Antecedent atmospheric conditions related to squall-line initiation over the northern coast of Brazil in July. **Weather and Forecasting**, v. 30, n. 5, p. 1254-1264, 2015.

OLIVEIRA, S. E. S. **Mudanças na cobertura da terra no litoral Tauá-Vigia-Colares, estado do Pará**. 2019. 53f. Monografia, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2019.

ONU-UN HABITAT. **World Cities Report 2022: envisaging the Future of Cities**. Disponível em: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2022-envisaging-the-future-of-cities>. Acesso em 25/03/2023

PAIVA, E. M. C. D.; CLARKE, R. T. Time trends in rainfall records in Amazonia. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 76, n. 11, p. 2203-2210, 1995.

- PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C.; CLARKE, R. T.; COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D. G. Reduced precipitation over large water bodies in the Brazilian Amazon shown from TRMM data. **Geophysical Research Letters**., v. 38, n.4, 2011. <https://doi.org/10.1029/2010GL045277>.
- PARÁ. **Estatísticas municipais paraenses**: Vigia. Belém: FAPESPA Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. – Belém, 2017.
- PINHEIRO, Eduardo Gomes. **Gestão Pública para a redução dos desastres**: incorporação da variável risco de desastres à gestão da cidade. Editora Appris. Curitiba, 2015.
- PRAKASH, S. Performance assessment of chirps, Mswep, Sm2rain-Cci, and tmpa precipitation products across india. **Journal of Hydrology**, v.571, p. 50-59, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.036>. Acesso em 25/03/2023.
- RESENDE, T. C. *et al.* A. Avaliação dos impactos da variabilidade climática na distribuição do armazenamento total de água na África: implicações para a gestão de recursos hídricos subterrâneos. **Hydrogeology Journal**, v. 27, p. 493-512, 2019.
- RICHEY, J. E.; MERTES, L. A. K.; DUNNE, T.; VICTORIA, R. L.; FORSBERG, B. R.; TANCREDI, A. C. N. S.; OLIVEIRA, E. Sources and routing of the Amazon River flood wave. **Global Biogeochem. Cycles**, v. 3, n. 3, p. 191-204, 1989.
- RODRIGUES, R. R.; HAARSMA, R. J.; CAMPOS, E. J. D.; AMBRIZZI, T. The impacts of inter-El Nino variability on the Tropical Atlantic and Northeast Brazil climate. **Journal of Climate**, v. 24, n. 13, p. 3402-3422, 2011.
- RONCHAIL, J.; BOURREL, L.; COCHONNEAU, G.; VAUCHEL, P.; PHILLIPS L.; CASTRO, A.; GUYOT J-L.; OLIVEIRA, E. Inundations in the Mamoré basin (south-Western Amazon-Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Hydrology**, v. 302, n. 1-4, p. 223-238, 2005.
- RONCHAIL, J.; GUYOT, J-L.; VILAR, E. J. C.; FRAIZY, P.; COCHONNIEAU, G.; OLIVEIRA, E.; FILIZOLA, N.; ORDOÑEZ, J. J. Impact of the Amazon tributaries on flooding in Obidos. **IAHS Publ** v. 308, p. 220-225, 2006.
- ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987.
- SABOYA, L. M. F.; MEDEIROS, R. M.; ROLIM NETO, F. C. R.; ARAÚJO, W. R.; FRANÇA, M. V.; HOLANDA, R. M. Eventos extremos de precipitação entre 1960-2014 em Bom Jesus-Piauí, Brasil. **RECIMA 21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 9, p. e29750-e29750, 2021.

SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Análise de tendência da precipitação diária na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08 n. 04, p. 1041-1052. 2015.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C. P. W.; MANZI, A. O. Moisture sources for the Amazon Basin: a study of contrasting years. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, p. 195-209, 2013.

SENA, J. A.; BESER DE DEUS, L. A.; FRETAS, M. A. V.; COSTA, L. Extreme events of droughts and floods in Amazonia: 2005 and 2009. **Water Resources Management**, v. 26, p. 1665-1676, 2012.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, p. 15137-15146, 1991.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO-SNIS. **Diagnóstico anual de águas pluviais 2021 (ano de referência 2020)**. 2021. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em: 19 abr. 2023.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall: consequences for the planning of agricultural occupation and the protection of primary forests. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 30, n. 7, p. 388-396, 2001.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the El Niño, La Niña and atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1988. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

SZLAFSZTEIN, C. F.; ARAÚJO, A. N. Barata. Autonomous flood adaptation measures in Amazonian cities (Belem, Brazil). **Natural Hazards**, v. 108, n. 1, p. 1069-1087, 2021.

TARDY, Y.; MORTARTI, J.; RIBEIRO, A.; VICTORIA, R.; PROBST, J. Rainfall, runoff and temperature fluctuations in the Amazon basin and oscillation of global climate over the last century. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 318, p. 955-960, 1994.

TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on precipitation and its extreme events in South America during austral autumn and winter. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 15, p. 4797-4814, 2016.

TOMASELLA, J.; BORMA, L. S.; MARENGO, J. A.; RODRIGUEZ, D. A.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, C. A.; PRADO, M. C. R. The droughts of 1997 and 2005 in Amazonia: floodplain hydrology and its potential ecological and human impacts. **Climatic Change**, v. 116, n. 3-4, p. 723-746, 2013.

TOMASELLA, J.; BORMA, L. S.; MARENGO, J. A.; RODRIGUEZ, D. A.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, C. A.; PRADO, M. C. R. The droughts of 1996-1997 and 2004-2005 in Amazonia: hydrological response in the river main-stem. **Hydrological Processes**, v. 25, n. 8, p. 1228-1242, 2011.

VALE, R.; FILIZOLA, N.; SOUZA, R.; SCHONGART, J. Acheia de 2009 na Amazonia Brasileira. **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, p. 577-586, 2011.

WANG, X. Y.; LI, X.; ZHU, J.; TANAJURA, C. A. S The strengthening of Amazonian precipitation during the wet season driven by tropical sea surface temperature forcing. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 9, p. 094015, 2018.

YOON, J-H.; ZENG, N. An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Climate Dynamics**, v. 34, p. 249-264, 2010.

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008.

APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO

PRODUTO TÉCNICO DA PESQUISA

O produto técnico dessa dissertação configura um plano técnico operacional para as ações de resposta aos desastres naturais de inundação na cidade de Vigia de Nazaré, ferramenta estratégica importante para as ações de Defesa Civil para o enfrentamento dos desastres naturais.

1 INTRODUÇÃO

Ações de Resposta são medidas emergenciais, realizadas durante ou após o desastre, que visam ao socorro e à assistência da população atingida e ao retorno dos serviços essenciais. Corresponde ao socorro e assistência aos afetados e ainda ao restabelecimento dos serviços essenciais, que é de competência primeira do município (Art. 8º, da Lei nº 12.608, de 2012).

Considerando que a resposta a desastres corresponde a diversas atividades setoriais executadas pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) em nível local, cabe ao órgão municipal de proteção e defesa civil mobilizar e coordenar todos esses órgãos, entidades privadas, comunitárias, voluntárias e sociedade em geral para minimizar os danos e perdas provocadas pelo desastre.

1.1 Ações de resposta – definições e regras

Inicialmente devem ser estabelecidas regras locais, conforme os recursos humanos e estruturais disponíveis, que serão utilizados nos três principais eixos, que são: as ações de socorro, assistência à população vitimada, além do suporte a reabilitação do cenário do desastre, conforme ilustrado na Figura 15.

Dentre as ações de resposta a desastres, as de socorro e de assistência às vítimas, são as primeiras a serem realizadas pelo município após a ocorrência do desastre. Devem ser complementadas com as de restabelecimento dos serviços essenciais, que garantam condições

mínimas de segurança e habitabilidade nas áreas atingidas pelos desastres e que permitam o retorno da normalidade para a população afetada. Essas ações de resposta a desastres podem levar horas, dias, semanas e até meses dependendo da intensidade do impacto do desastre e da capacidade local para o enfrentamento do evento, para garantir o atendimento das demandas emergenciais (SEDEC/MI, 2017).

Figura 15 - Componentes da Resposta a desastres.



Fonte: (PINHEIRO, 2015).

2 AÇÕES DE SOCORRO

2.1 Corpo de Bombeiros

Corpo de Bombeiros de Vigia de Nazaré. Endereço: Av. João Pessoa, s/n – Bairro: Centro. CEP: 68.780-000. <http://www.bombeiros.pa.gov.br/> Horário de funcionamento: Todos os dias da semana, inclusive feriados, 24hs. Serviços especializados: Execução de atividades de defesa civil, prevenção e combate a incêndios, buscas, salvamentos e socorros públicos.

Atualmente a cidade de Vigia de Nazaré é sede do quartel do 17º Grupamento Bombeiro Militar, e dispõe de um efetivo de 35 bombeiros especializados em diversas áreas

de atuação como Resgate, combate a incêndio urbano e florestal, mergulho de resgate, salvamento veicular, salvamento aquático, e outras. O quartel do 17º GBM também dispõe de 2 viaturas de combate a incêndio, sendo um Auto Bomba Tanque Florestal (ABTF) que se trata de um caminhão específico para combate a incêndio florestal, dispõe ainda de uma viatura para atendimentos de vítimas de traumas, denominada Unidade de Resgate (UR), duas pick-ups usadas em ocorrências de salvamento denominada Auto Rápido (AR), nas quais uma não possui equipamento e é usada principalmente para deslocamento de pessoas em ações de defesa civil e outra equipada com materiais específicos de salvamento, possui também uma moto-bomba que serve para fazer a retirada de água de locais inundados. São empregados 7 bombeiros diariamente no serviço operacional de resposta aos sinistros.

2.2 Prefeitura

Unidade Móvel Terrestre SAMU 192 – Vigia de Nazaré. Razão social: Prefeitura Municipal de Vigia de Nazaré. CNPJ: 05.351.606/0001-95. Endereço: Av. Marcionilo Alves, s/n – Bairro: Santa Rita, CEP: 68.780-000. Telefones: 985147936. Regras de funcionamento: Todos os dias da semana, inclusive feriados, 24hs.

Número de leitos: Não possui.

Plano de saúde: SUS.

3 ASSISTÊNCIA À POPULAÇÃO VITIMADA - HOSPITAIS E UPAS

3.1 Hospital Municipal de Vigia de Nazaré

Razão social: Prefeitura Municipal de Vigia de Nazaré. CNPJ: 05.351.606/0001-95. Endereço: Av. Barão do Guajará, s/n – Bairro: Castanheira, CEP: 68.780-000. Telefones: (91) 3731-1248. Regras de funcionamento: Todos os dias da semana, inclusive feriados, 24hs. Número de leitos: 70. Plano de saúde: SUS.

3.2 Centro de Saúde Nilson Torlosa Fernandes

Razão social: Prefeitura Municipal de Vigia de Nazaré. CNPJ: 05.351.606/0001-95. Endereço: Rua São Brás, s/n – Bairro: Centro, CEP: 68.780-000. Regras de funcionamento: Segunda-feira a sexta-feira, das 08:00hs às 12:00hs e das 14:00hs e às 17:00hs. Número de leitos: Não possui. Plano de saúde: SUS. Serviços especializados: Consultas médicas (clínico e ginecologista); saúde mental; chiperdia; TB e MH, consulta de enfermagem, (pré-natal), consulta para AIDPI (criança), atendimento de serviço social e nutrição, vacinação, teste do pezinho, fisioterapia, PCCU.

4 REABILITAÇÃO DO CENÁRIO DO DESASTRE

4.1 Recursos estruturais disponíveis em Vigia de Nazaré para as ações de respostas aos desastres naturais - reabilitação (Carros, barcos, bombas de água para drenar a rua e etc)

A Cidade de Vigia de Nazaré não possui recursos estruturais para ações de respostas aos desastres naturais tão pouco para reabilitação, o que torna ainda mais difícil as atuações nesses desastres e, apesar de ter aprovada através de decreto a criação da defesa civil municipal a mesma ainda não foi implantada.

5 SETORIZAÇÃO DOS RISCOS – INUNDAÇÃO

No período de outubro de 2021, Vigia de Nazaré apresentava uma população vulnerável de 8.464 habitantes, dividida em 5 setores principais, que se estende desde o furo da Laura a nordeste da cidade (setor 1) ao início da rua Barão de Guajará, no extremo sudoeste de Vigia de Nazaré (Figura 16).

As enchentes e respectivas inundações são provocadas pelo Rio de água salobra, conhecido como Furo da Laura, com cerca de 20km navegáveis, nasce em Mosqueiro, banha a ilha de colares e deságua no Marajó, em contribuição com as precipitações

excessivas/extremas e falta de drenagem apropriada nos setores mapeados pela CPRM, 2021.

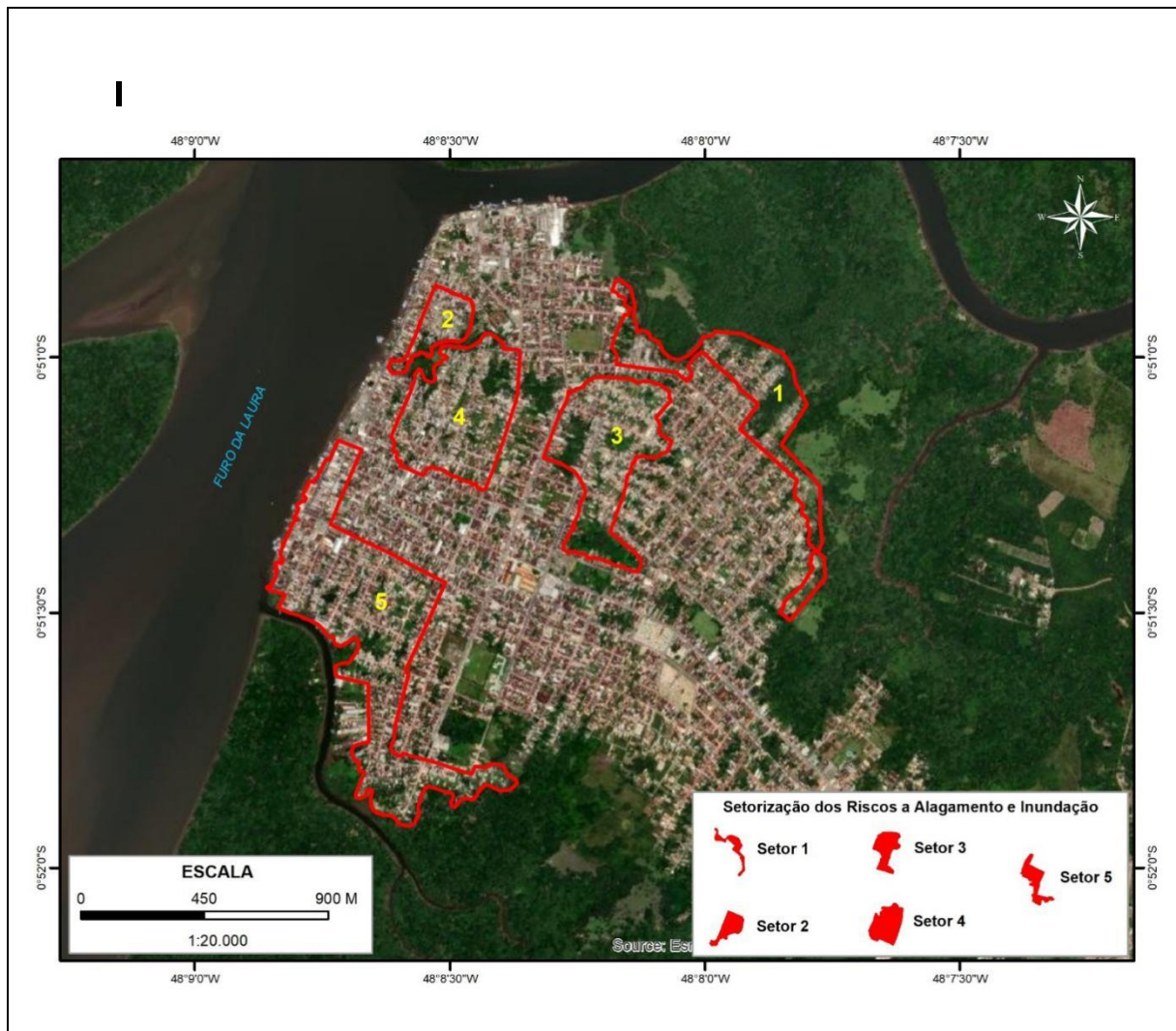
O município não possui sistemas de monitoramento do nível do Furo da Laura, assim como outras medidas de prevenção e monitoramento de desastres naturais.

Figura 16 - Furo da Laura



Fonte: Autor.

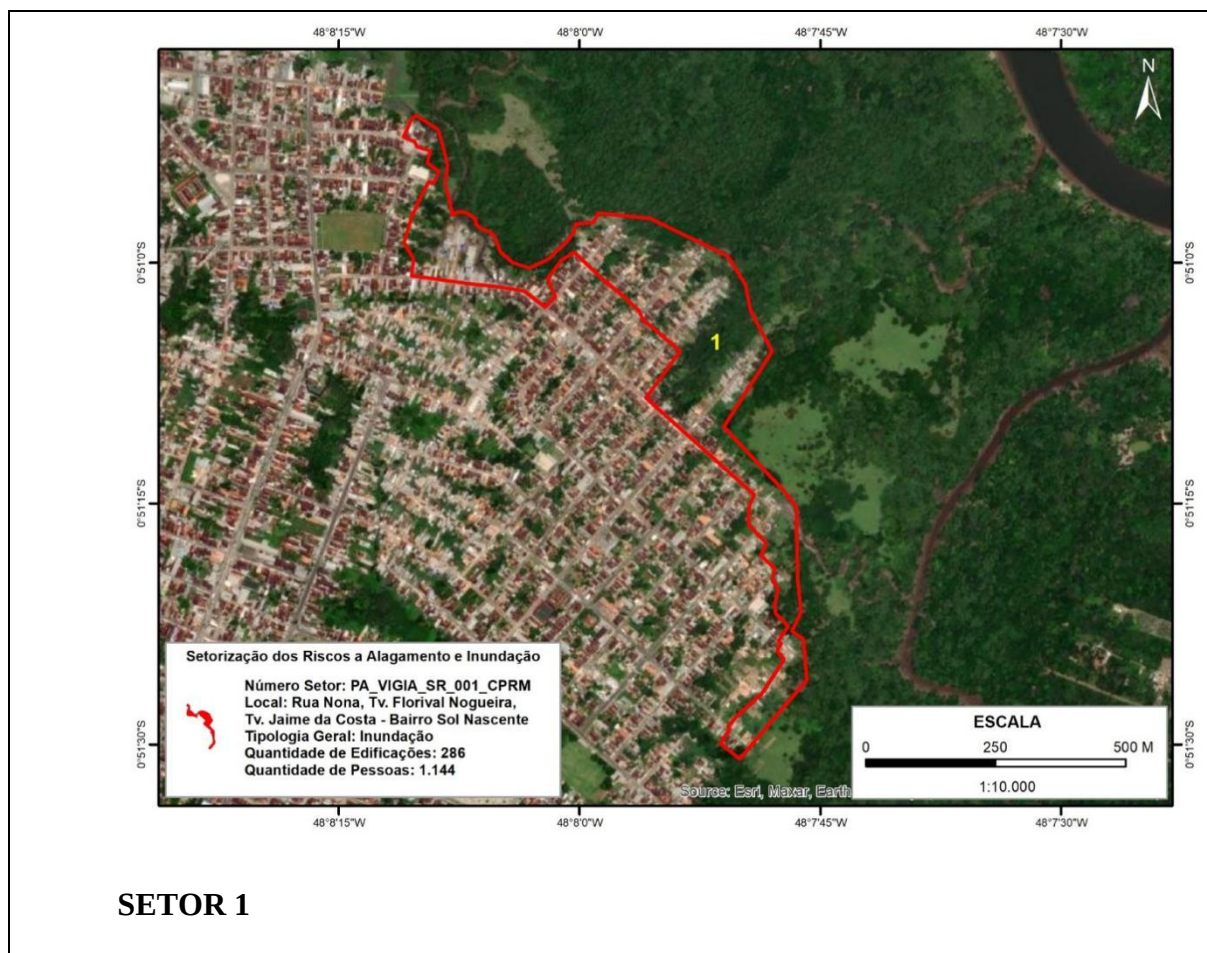
Figura 17 - Setorização dos riscos a alagamento e inundação



Fonte: Autor.

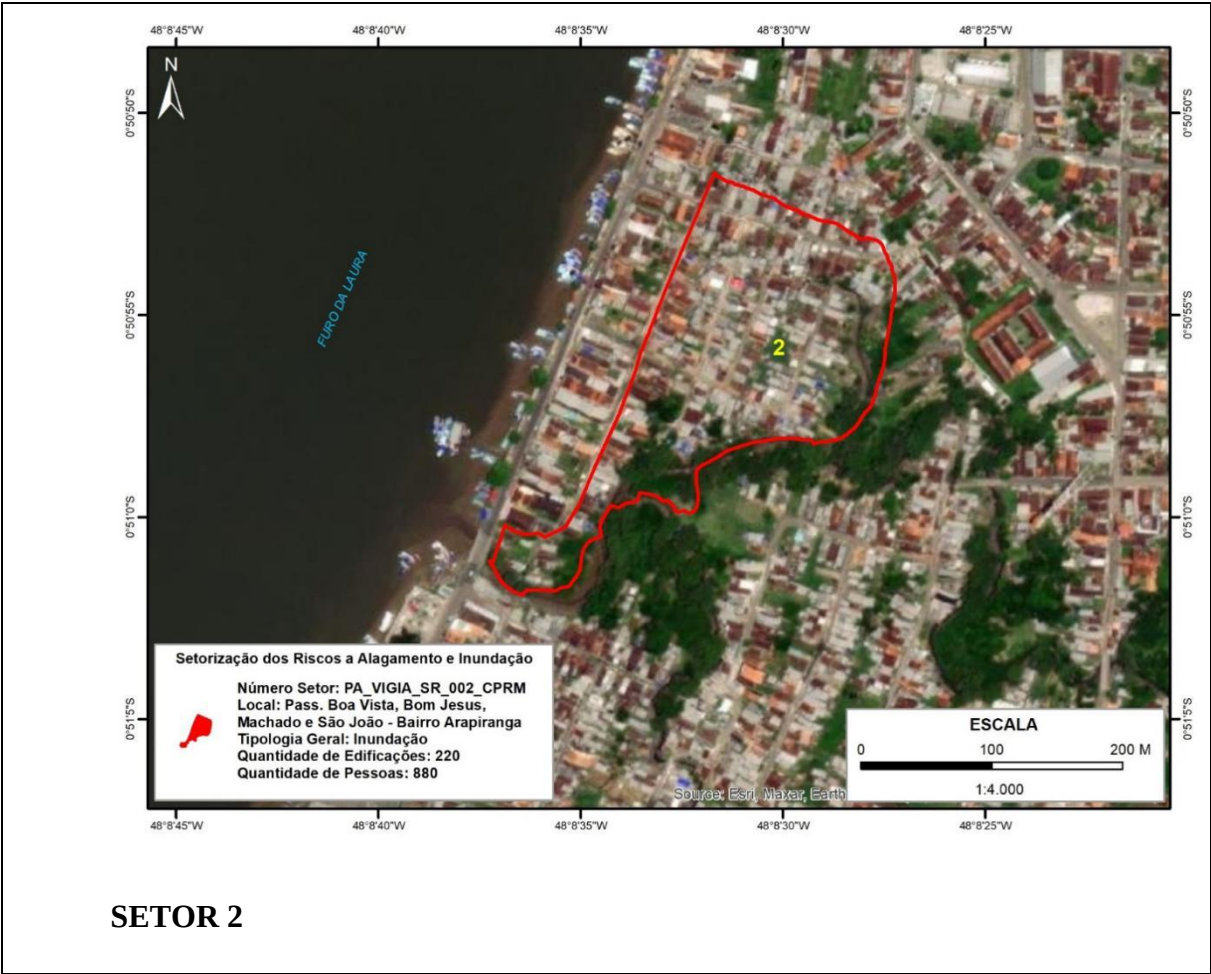
6 DETALHAMENTO DOS SETORES DE RISCO

Figura 18 - Setor 1



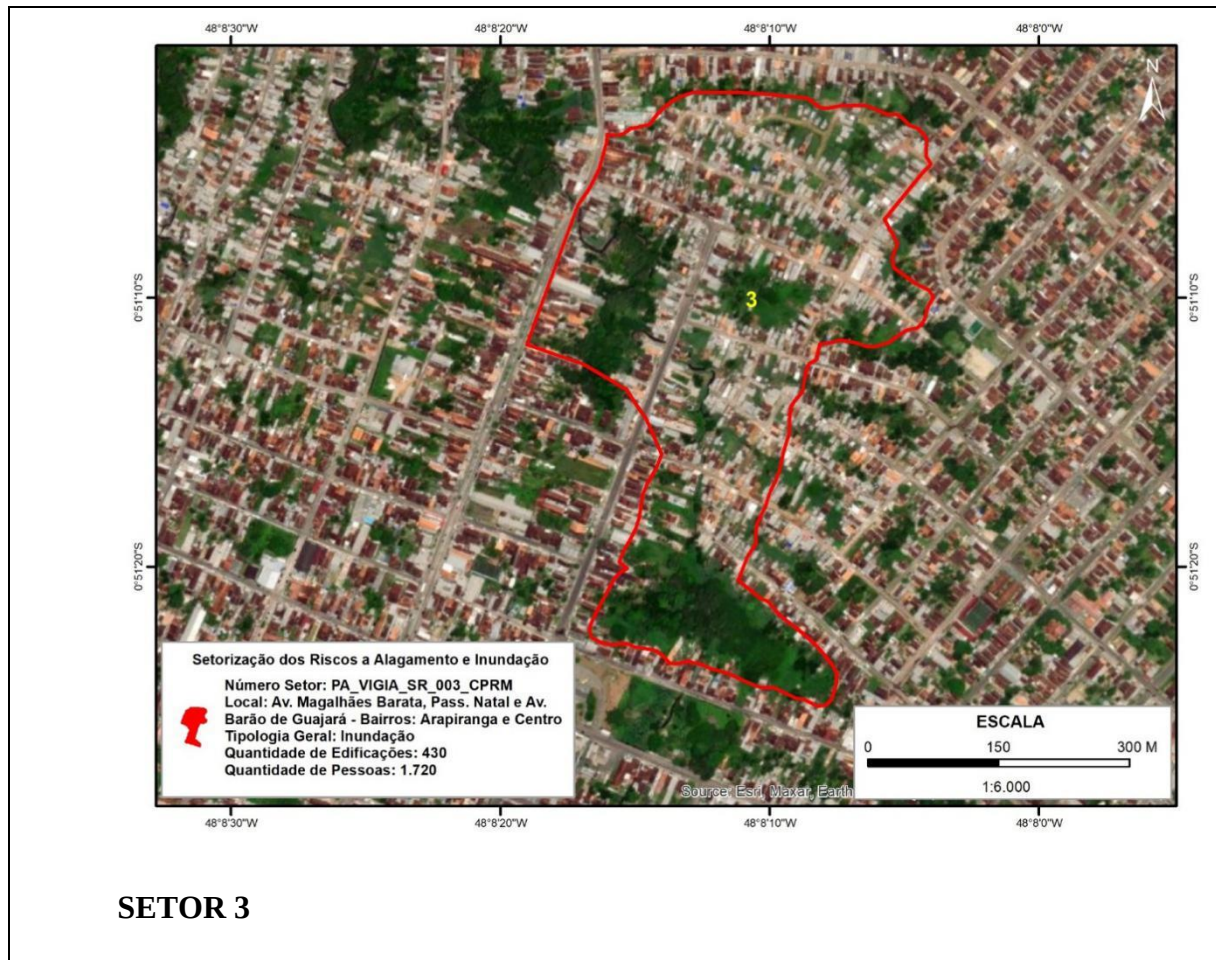
Fonte: Autor.

Figura 19 - Setor 2



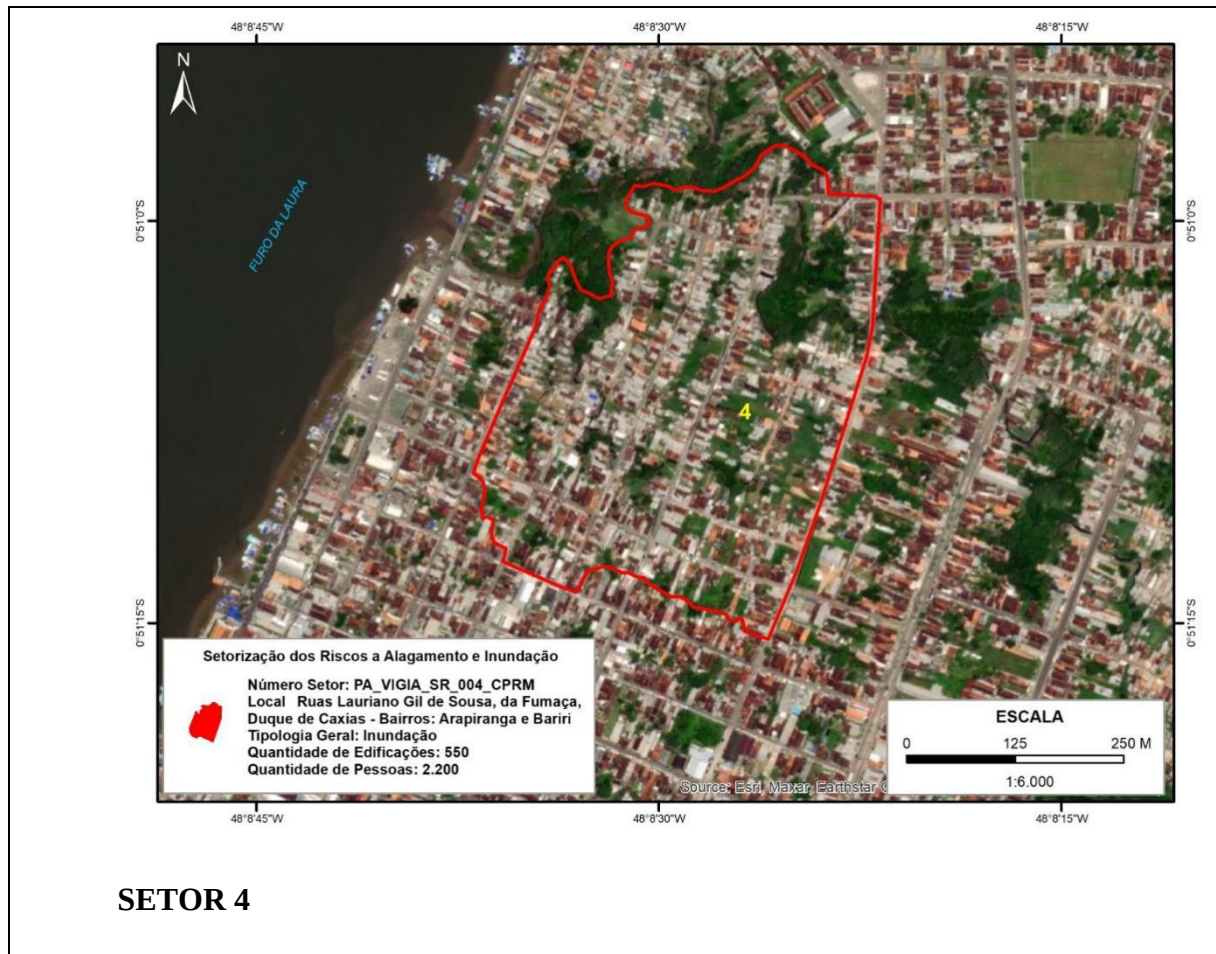
Fonte: Autor.

Figura 20 - Setor 3



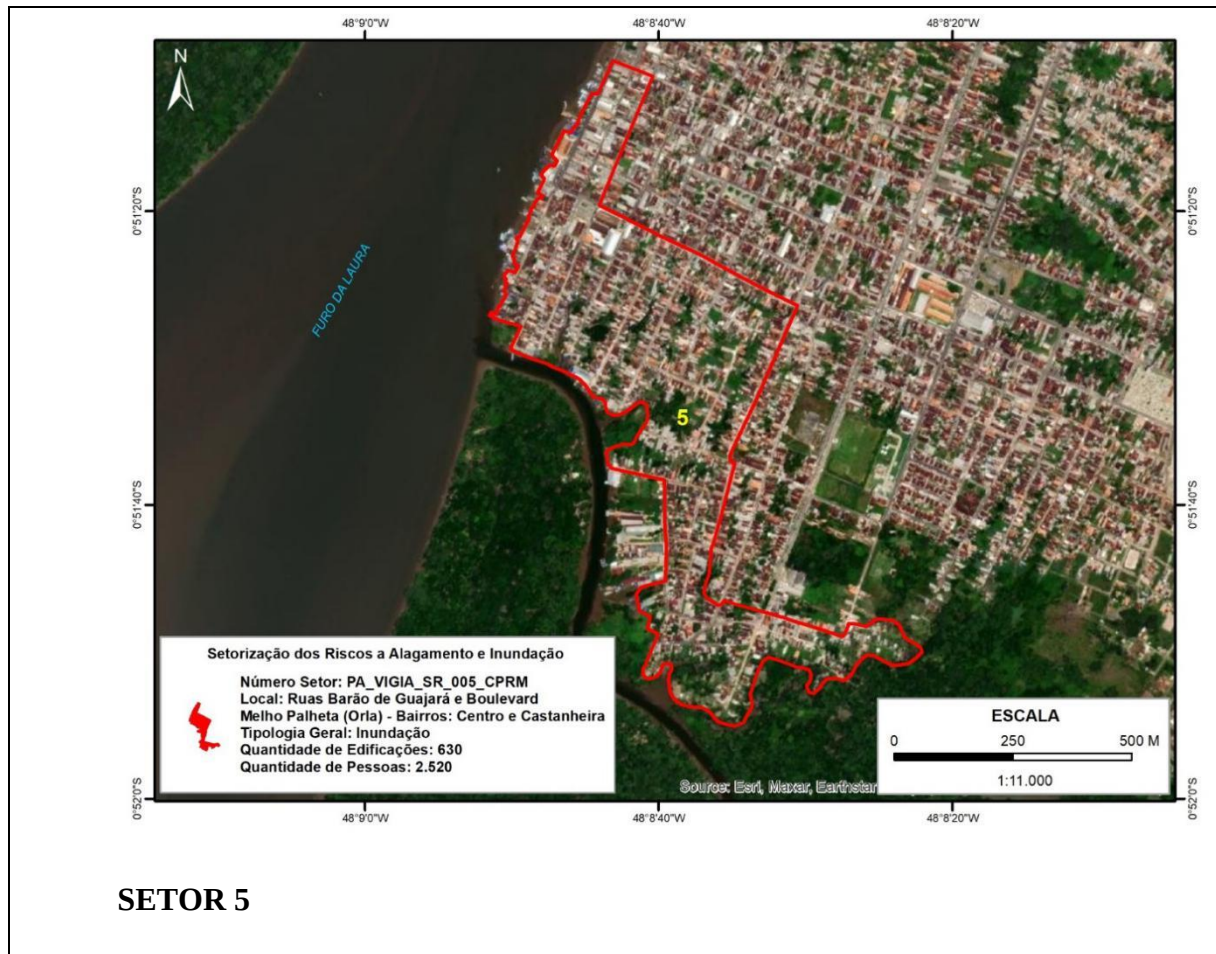
Fonte: Autor.

Figura 21 - Setor 4



Fonte: Autor.

Figura 22 - Setor 5



Fonte: Autor.

7 DIFUSÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL

Segundo Kobiyama et al. (2004), uma comunidade local, quando está conscientizada da vulnerabilidade aos desastres naturais e sempre bem informada da ocorrência dos mesmos, será capaz de gerar ações de prevenções, minimizando a fase pós-evento, que é caracterizada como sendo a fase de reconstrução e compensação dos danos ocasionados por desastres naturais, sendo ainda que nessa fase, as perdas e custos são superiores à etapa do pré-evento, em que se pode prevenir ou mitigar os futuros desastres. Assim, a resposta da comunidade perante o desastre está intimamente ligada às atividades e respectivas ações que são realizadas durante a fase de prevenção (KUHNEN, 2009).

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA O MUNICÍPIO DE VIGIA DE NAZARÉ.

8.1 Implantação de um sistema de monitoramento hidrometeorológico composto por régua de medição do nível do rio e estação meteorológica automática.

8.2 Limpeza regular da rede de drenagem, esgotos e etc, como medida de mitigação dos desastres naturais

8.3 Palestras com as comunidades locais e demais ações de educação ambiental que visem promover a conscientização ambiental no município, de forma que sejam minimizados os lançamentos irregulares de dejetos e lixos.