



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JAQUELINE HOMOONO NOBRE

**A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E DO DESMATAMENTO
PARA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE
TARTARUGALZINHO NO PERÍODO DE 2001 A 2022**

Macapá

2024

JAQUELINE HOMOBO NOBRE

**A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E DO DESMATAMENTO
PARA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE
TARTARUGALZINHO NO PERÍODO DE 2001 A 2022**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Amapá, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Geografia.

LINHA 1- Paisagem e Dinâmicas Ambientais

Orientador: Prof. Dr. José Mauro Palhares

Macapá

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

JAQUELINE HOMOBO NOBRE

**A INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E DO DESMATAMENTO
PARA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE
TARTARUGALZINHO NO PERÍODO DE 2001 A 2022**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Amapá, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 17 de junho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Mauro Palhares (UNIFAP)

Dr. Valter Gama de Avelar (UNIFAP)

Dra. Marcia Aparecida Procópio da Silva Scheer (UNILA)

Dr. José Falcão Sobrinho (UVA)

DEDICATÓRIA

À minha amada família,

Àqueles que são a luz dos meus dias, os pilares que sustentam meus sonhos, dedico esta dissertação com imensa gratidão e amor.

Aos meus filhos extraordinários, Caio Rodrigo e Pedro Henrique, que me inspiram a buscar sempre o melhor. Vocês são a razão pela qual me esforço, cresço e persisto. Que este trabalho seja um testemunho do meu comprometimento em criar um mundo melhor para vocês.

Ao meu esposo amoroso, Christiam Reis, que esteve ao meu lado em cada etapa desta jornada. Sua paciência, apoio e encorajamento foram a âncora que me manteve firme nos momentos desafiadores. Somos uma equipe imbatível, e esta conquista é tão sua quanto minha.

Aos nossos adoráveis Duke e Loki, companheiros leais que trazem alegria aos nossos dias com suas travessuras e afeto incondicional. Suas patas deixaram uma marca indelével em nosso coração, tornando cada passo deste caminho mais especial.

Que esta dissertação seja mais do que palavras impressas; que ela seja um tributo ao amor, à união e à força que encontramos juntos como família. Vocês são minha fonte de inspiração constante, e cada conquista é compartilhada com vocês.

Com todo o meu amor,

Jaqueline Homobono Nobre

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte inesgotável de força e sustento, dedico esta dissertação. Agradeço profundamente por me guiar e fortalecer durante toda a jornada de perseverança que culmina neste trabalho. Sua presença constante ilumina meu caminho e deu-me coragem para enfrentar os desafios e superar as adversidades.

Ao meu orientador, cuja sabedoria e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa, expresso minha sincera gratidão. Seu apoio, paciência e incentivo incansáveis foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

À minha colega Danusa, que esteve ao meu lado nas imagens de campo, agradeço por compartilhar sua expertise, colaboração e amizade. Sua presença enriqueceu minha experiência e contribuiu de forma significativa para os resultados alcançados.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado com amor, compreensão e fé inabalável, dedico um agradecimento especial. Vocês foram minha força motriz e meu porto seguro ao longo dessa jornada. Sua confiança e encorajamento constante foram essenciais para que eu pudesse perseverar e alcançar este marco.

A meu marido, que com sua paciência e apoio incondicional, esteve ao meu lado durante longas noites de estudo e momentos de estresse, expresso minha gratidão. Sua compreensão e incentivo foram essenciais para minha dedicação e concentração nesta pesquisa.

A meus amados filhos, agradeço por compreenderem minha ausência em certos momentos e por serem minha motivação constante. Seu amor e entendimento me inspiraram a buscar sempre o melhor e não desistir diante dos desafios.

Que este trabalho possa ser uma pequena contribuição para o avanço do conhecimento em nossa área e um testemunho do poder da perseverança, do apoio mútuo e da fé inabalável. Que possamos continuar a buscar sabedoria e excelência em nossas jornadas acadêmicas e pessoais.

Com gratidão

RESUMO

NOBRE, J. H. A influência da variabilidade pluviométrica e do desmatamento para ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022. 104 f. Dissertação – Departamento de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

A pesquisa analisou a influência da variabilidade pluviométrica e do desmatamento na ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho, Amapá, entre 2001 e 2022. Foram utilizados dados de precipitação de três estações pluviométricas (Itaubal, Tartarugal Grande e Aporema) fornecidos pelo Portal HIDROWEB, dados de desmatamento obtidos do PRODES, e informações de focos de calor disponíveis no portal BDQueimadas, do INPE. A metodologia incluiu uma análise estatística descritiva, correlação de Pearson e espacialização dos dados no software QGIS, com geração de Mapas de Kernel para os focos de calor, shapefiles do desmatamento e interpolação dos dados pluviométricos. Os resultados indicaram uma correlação regular entre desmatamento e focos de calor ($R=0,4746$), mostrando que o desmatamento ocorreu principalmente em áreas de média e alta densidade de focos de calor. A relação entre precipitação e focos de calor foi fraca ($R=0,1326$), sugerindo que a variabilidade pluviométrica teve pouca influência, exceto em eventos climáticos extremos. A espacialização dos dados revelou que a região com maior densidade de focos de calor está localizada consistentemente no setor leste do município, próximo à Reserva Biológica do Lago Piratuba, uma área historicamente vulnerável a queimadas criminosas e incêndios florestais, geralmente ligados a conflitos socioambientais e práticas agrícolas predatórias, como a pecuária bubalina extensiva. A análise também evidenciou que a combinação dos dados de desmatamento e precipitação ofereceu uma visão mais qualificada sobre os focos de calor, permitindo uma compreensão mais abrangente das áreas mais afetadas. Esses resultados são essenciais para embasar políticas públicas voltadas à mitigação de queimadas e à conservação ambiental, fornecendo subsídios para uma gestão mais eficaz dos recursos naturais e estratégias de prevenção e monitoramento de incêndios florestais na região.

Palavras-chaves: Queimadas; Incêndios Florestais; Fenômenos ENOS; Séries Temporais; Mapas de Kernel.

ABSTRACT

NOBRE, J. H. The influence of rainfall variability and deforestation on the occurrence of fire hotspots in the municipality of Tartarugalzinho from 2001 to 2022. 104 p. Dissertation – Department of Graduate Studies in Geography, Federal University of Amapá, Macapá, 2024.

The research analyzed the influence of rainfall variability and deforestation on the occurrence of fire hotspots in the municipality of Tartarugalzinho, Amapá, between 2001 and 2022. Precipitation data from three rain gauge stations (Itaubal, Tartarugal Grande, and Aporema) were used, provided by the HIDROWEB Portal, deforestation data obtained from PRODES, and fire hotspot information available on the BDQueimadas portal, from INPE. The methodology included a descriptive statistical analysis, Pearson correlation, and spatial data analysis in QGIS software, with the generation of Kernel Density Maps for fire hotspots, shapefiles of deforestation, and interpolation of rainfall data. The results indicated a moderate correlation between deforestation and fire hotspots ($R=0.4746$), showing that deforestation mainly occurred in areas with medium and high hotspot density. The relationship between precipitation and fire hotspots was weak ($R=0.1326$), suggesting that rainfall variability had little influence, except in extreme climate events. The spatial analysis revealed that the region with the highest density of fire hotspots was consistently located in the eastern sector of the municipality, near the Piratuba Lake Biological Reserve, a historically vulnerable area to illegal burnings and forest fires, generally linked to socio-environmental conflicts and predatory agricultural practices, such as extensive buffalo farming. The analysis also highlighted that the combination of deforestation and precipitation data provided a more qualified view of the fire hotspots, allowing for a more comprehensive understanding of the most affected areas. These results are essential to support public policies aimed at mitigating fires and promoting environmental conservation, providing input for more effective natural resource management and strategies for preventing and monitoring forest fires in the region.

Keywords: Burnings; Forest Fires; ENSO Phenomena; Time Series; Kernel Density Maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Tartarugalzinho	20
Figura 2. Tipos Climáticos no Amapá segundo o IBGE	22
Figura 3. Compartimentos de Relevo no município de Tartarugalzinho	23
Figura 4. Mapa das Unidades Geoambientais do estado do Amapá	24
Figura 5. Bacia Hidrográfica do Rio Araguari	26
Figura 6. Estações Pluviométricas da ANA localizadas no município de Tartarugalzinho	45
Figura 7. Esquema metodológico para análise de dados.....	47
Figura 8. Índice de Niño Oceânico (ONI) 2001 – 2022.....	54
Figura 9. Mapa de Localização das Estações Meteorológica no município de Tartarugalzinho e a variação pluviométrica do estado do Amapá para a série histórica 1977 a 2006.	56
Figura 10. Gráfico de demonstração da Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Itaupal do Amapá (8151000) para o período de 2001 a 2022.....	58
Figura 11. Gráfico de demonstração da Precipitação mensais e anuais da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2000 a 2021.....	60
Figura 12. Gráfico de demonstração da Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2001 a 2022.....	62
Figura 13. Gráfico de Precipitação anual e as médias das Estações Pluviométricas do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022	62
Figura 14. Gráfico da precipitação média anual relacionada a ocorrência do El Niño e La Niña.....	64
Figura 15. Gráfico de demonstração da média de precipitação mensal e anual das estações pluviométricas no município de Tartarugalzinho para o período de 2001 a 2022.	65
Figura 16. Gráfico da área de incremento do desmatamento do estado do Amapá e do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	67
Figura 17. Relação do número de focos de calor do estado do Amapá com o município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	72
Figura 18. Correlação linear de Pearson dos focos de calor em comparação a precipitação no Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	76

Figura 19. Dados de focos de calor e precipitação pluviométrica no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.....	77
Figura 20. Correlação linear de Pearson dos focos de calor em comparação ao desmatamento no Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	78
Figura 21. Dados de focos de calor e desmatamento no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.....	78
Figura 22 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2000 a 2015.	81
Figura 23 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2016 a 2022.	84
Figura 24 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2001 a 2006 para o município de Tartarugalzinho.	86
Figura 25 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2007 a 2012 para o município de Tartarugalzinho.	87
Figura 26 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2013 a 2017 para o município de Tartarugalzinho.	88
Figura 27 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2016 a 2022 para o município de Tartarugalzinho.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos eventos ENOS de acordo com o ION.	43
Tabela 2. Histórico do Índice Niño Oceânico (ONI) e a Classificação de intensidade dos eventos ENOS para o período de 2001 a 2022.	52
Tabela 3. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Itaupal do Amapá (8151000) para o período de 2001 a 2022.	57
Tabela 4. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2001 a 2022.	59
Tabela 5. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Aporema (8150000) para o período de 2001 a 2022.	61
Tabela 6. Média da precipitação mensal e anual das estações pluviométricas Itaupal, Tartarugal Grande e Aporema para o período de 2001 a 2022.	63
Tabela 7. Desmatamento anual do Amapá e o incremento de desmatamento do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022	66
Tabela 8. Ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	69
Tabela 9. Relação dos focos de calor do município de Tartarugalzinho com o estado do Amapá.	71
Tabela 10. Dados anuais de Precipitação, focos de calor e desmatamento do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	73
Tabela 11. Estatística descritiva da precipitação, focos de calor e desmatamento no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.	73
Tabela 12. Área de desmatamento anual por classe de densidade de focos de calor no município de Tartarugalzinho no período de 2000 a 2022.	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHRA	Bacia Hidrográfica do Rio Araguari
COBRACE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
FLOTA	Floresta Estadual
FPM	Fundo de Participação dos Municípios
GEA	Governo do Estado do Amapá
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes e Conservação da Biodiversidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAF	Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta
PPCDAP	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Estado do Amapá
PPGEO	Pós-Graduação em Geografia
PRODES	Programa de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira
REBIO	Reserva Biológica
RESEX	Reserva Extrativista
RURAP	Instituto de Extensão, Assistência e Desenvolvimento Rural do Amapá
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SIMPOGEO	Simpósio de Pós-graduação em Geografia
UC	Unidade de Conservação
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Problema.....	18
1.2. Hipótese.....	18
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo Geral.....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	19
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.1. Clima.....	21
2.2. Relevo.....	22
2.3. Hidrografia.....	25
2.4. Unidades de Conservação.....	28
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
3.1. Queimadas, Incêndios Florestais e Focos de Calor.....	30
3.2. Aquecimento Global, Variabilidade, Mudança e Alteração Climática.....	31
3.3. Desmatamento e o Clima.....	35
3.4. Climatologia Geográfica.....	39
3.5. Geografia do Clima.....	42
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1. Levantamento de dados.....	43
4.1.1. Dados de ocorrência do El Niño e La Niña.....	43
4.1.2. Precipitação.....	44
4.1.3. Desmatamento.....	45
4.1.4. Focos de Calor.....	46
4.2. Análise de dados.....	46
4.2.1. Análise Estatística.....	47
4.2.2. Espacialização dos dados.....	50
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO, DESMATAMENTO PARA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR SOB A INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS EL NIÑO E LA NIÑA.....	51
5.1. El Niño e La Niña.....	51
5.2. Série Histórica da Precipitação Pluviométrica, Desmatamento e Focos de Calor.....	55

5.2.1. Precipitação Pluviométrica.....	55
5.2.2. Desmatamento	66
5.2.3. Focos de Calor	68
5.3. Análise Estatística Descritiva	72
5.4. Correlação entre Precipitação, Desmatamento e Focos de Calor.....	75
6. ANÁLISE SOBRE A ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS DE DESMATAMENTO, PRECIPITAÇÃO E DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR PARA O MUNICÍPIO DE TARTARUGALZINHO (2001 A 2022).....	80
6.1. Espacialização dos dados anuais do desmatamento e de densidade de focos de calor (2000 a 2022).....	80
6.2. Espacialização dos dados anuais da precipitação de densidade de focos de calor.....	85
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS.....	92

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais e as queimadas, em regiões tropicais, têm como principal consequência a degradação florestal (Lizundia-Loiola; Pettinari; Chivieco, 2020), sendo um fator primordial para a destruição e ameaça a biodiversidade (Lopes et al., 2018). Por isso, há um grande interesse em compreender o comportamento dos fatores que favorecem a ocorrência das queimadas, e ainda, em estimar os impactos das queimadas e dos incêndios florestais.

Na Amazônia esse interesse é ainda maior, principalmente por desempenhar um papel significativo para o equilíbrio climático do Brasil (Lyra, 2015). As mudanças climáticas sobre a Floresta Amazônica podem afetar sua sustentabilidade e fazer com que esta, passe de sumidouro de carbono para fonte emissora do gás de efeito estufa (Cox et al., 2002).

Historicamente os incêndios florestais naturais, em florestas tropicais, são raros e estudos demonstram milhares de anos sem registro de fogo na Amazônia (Bush et al., 2007). No entanto, o fogo na região Amazônica está relacionado à colonização desta região, a mudança do uso da terra (Anderson et al., 2017) e as modificações das coberturas nativas do solo, especialmente na região oriental (Brasil, 2016), ou seja, ocorrerem pela influência das atividades antrópicas.

O potencial de risco de ocorrência de fogo pode ser aumentado pelas condições meteorológicas, como a falta de chuvas, altas temperaturas, e baixa umidade do ar (Lyra, 2015). Também é identificado aumento considerável em episódios de queimadas e incêndios na Amazônia quando associado a anos de secas extremas (Barbosa; Fearnside, 1999; Alencar; Nepstad; Diaz, 2006; Aragão et al., 2007).

O desmatamento é a ação antrópica de maior expressão na Amazônia que tem como principais causas, a agricultura, pecuária, somada a agricultura do tipo de corte e queima (Defries et al., 2002; Rivero et al., 2009). Sendo, utilizada a remoção da cobertura vegetal natural para a ampliação de áreas destinadas às atividades agropastoris, e conseqüentemente ocasionando ampliação de áreas destinadas a produção agrícola ou expansão da fronteira agrícola contra a floresta (Claudino-Sales, 2019; Mota et al., 2019).

As consequências da ação do desmatamento na floresta amazônica leva ao empobrecimento da biodiversidade na região, impacto ao ciclo hidrológico que pode também afetar o transporte de umidade produzido pela floresta e direcionado para as áreas agrícolas do Brasil localizadas no sul e sudeste. Igualmente, ocasionando supressão de chuvas não apenas em regiões brasileiras, mas em outros países da América do Sul (Fearnside, 2006).

A ocorrência de queimadas na Amazônia é uma preocupação, principalmente para as alterações climáticas que estes eventos, e sua intensificação, causaram e pode vir a causar para a biodiversidade local.

Assim, estudos sobre o tratamento estatístico na incidência de focos de calor relacionando as variáveis climáticas e antrópicas na Amazônia são de fundamental importância para estimar como a variabilidade climática e o aumento do uso do solo na extensão regional impactam na frequência de degradação do fogo. E dessa forma, as mudanças climáticas podem impactar diretamente na vegetação causando estresse hídrico (Malhi et al, 2009), perecimento (Cox et al., 2000, 2004) e aumento da frequência de incêndios florestais (Scholze et al., 2006; Golding; Betts, 2008). E esses cenários podem auxiliar no processo de formular ações que previnam o alcance tão severo do fogo.

Existem vários estudos focados sobre ponto limite para a irreversibilidade do clima na Amazônia, e também, quando o desmatamento, o fogo, as anomalias climáticas e aquecimento global, inibirão a precipitação em escala regional (Nepstad, 2007). Ainda, o aumento da flamabilidade do bioma amazônico (Nepstad; Carvalho; Barros, 2001; Malhi et al., 2009). Assim como, a transformação vem no caminho das mudanças do clima regional até o final do século (Nepstad, 2007). Estas indagações são lacunas científicas importantes que tratam da vulnerabilidade das florestas e sua relação com a mudança do clima. Essas vulnerabilidades da região para as ocorrências de focos de incêndios devem ser acompanhadas, bem como o processo de resistência ambiental em amenizar os impactos das queimadas.

Mesmo o estado do Amapá com a sua grande biodiversidade e seu alto índice de cobertura florestal cabe a preocupação sobre a evolução do desmatamento e o acompanhamento das variáveis climáticas com o objetivo de monitorar a ocorrência de focos de calor. Pois, essa compreensão tem utilidade de suporte a tomada de decisão na condução das ações eficientes de mitigação e adaptação.

Neste sentido, proporcionar informações e análises sobre as áreas de incidência de focos de calor e a relação que possuem com o clima e as atividades antrópicas, fomentando subsídio que contribua para tomada de decisão qualificada e uso eficiente dos recursos técnicos e financeiros do setor público.

A pesquisa tem foco sobre o grau de relação da variabilidade pluviométrica e antrópicas (desmatamento) na ocorrência de focos de calor, conforme as características específicas de cada localidade, neste caso o município de Tartarugalzinho.

Ao analisar uma série histórica dos últimos vinte e dois anos (2001 a 2022), possibilita a contribuição para compreensão sobre como as variáveis e como se relacionam na ocorrência de focos de calor. Assim como, fomenta subsídios para o planejamento de ações, projetos, programas e políticas públicas do setor público (federal, estadual e municipal), nas temáticas vinculadas diretas e indiretamente a queimadas e incêndios florestais. Sendo, informações qualificadas, uma restrição para tomada de decisão com resultados eficientes.

Nesta pesquisa, abordar o papel da geografia sobre os eventos climáticos e a compreensão sobre os processos dos fenômenos relacionados às alterações climáticas ocorrida num espaço geográfico (Hulme, 2009). Considerando a importância de entender e pensar o clima, e como o tratamos, na sua relação no espaço político e econômico, utilizando os conhecimentos sobre Meteorologia e Climatologia, mas priorizando a ciência geográfica com a Climatologia Geográfica e a Geografia do Clima para construir essa relação.

Assim, a pesquisa tem o objetivo de identificar a influência que a variabilidade climática e o desmatamento exercem na ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho (Amapá), analisando a atuação do setor público para o combate de queimadas e incêndios.

Neste sentido, é necessário considerar que o estado do Amapá possui cerca de 70% de seu território de áreas protegidas e com pouca concentração populacional nos seus municípios, retirando Macapá, Santana, Laranjal do Jari. Ainda se encontra em processo de destinação de glebas, ou seja, de terras para a propriedade do Estado, impedindo legalização de atividade econômica em determinadas áreas do território. Sobre a ocorrência de queimadas e incêndios, representa apenas 2,61% dos focos de calor registrados pelo Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais-INPE na Amazônia, nos últimos cinco anos (2017 a 2021). Os cinco municípios do Amapá que mais concentram a ocorrências de focos de calor no período de 2001 a 2020 são: Mazagão, Oiapoque, Tartarugalzinho, Macapá e Calçoene.

Na história recente do estado do Amapá possui a ocorrência de um evento lamentável, pois em 2012, na Reserva Biológica (REBIO) do Lago Piratuba, ocorreu um dos maiores incêndios florestais já registrados no Estado. No evento foram registrados, cerca de, 54 focos de incêndio, os quais atingiu quase 6 mil hectares desta reserva. A perícia ambiental registrou o incêndio como criminoso. O resultado foi que grande parte da reserva praticamente foi devastada, causando danos incalculáveis de perda da biodiversidade, alterando a biogeoquímica do sistema hidrogeomorfológicos dos rios de marés daquele local (Santos; Perez Filho et al., 2018).

1.1. Problema

A variação pluviométrica e o desmatamento exercem influência para a ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho?

1.2. Hipótese

Há forte relação da variação pluviométrica e do desmatamento na ocorrência de focos de calor, com maior densidade de focos de calor em áreas onde estão localizadas as áreas de concentração do desmatamento no município de Tartarugalzinho, neste caso, nos assentamos e nas proximidades da BR 156.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência da variabilidade pluviométrica e do desmatamento na ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho, investigando tanto os dados estatísticos quanto a distribuição espacial dessas informações no período de 2001 a 2022.

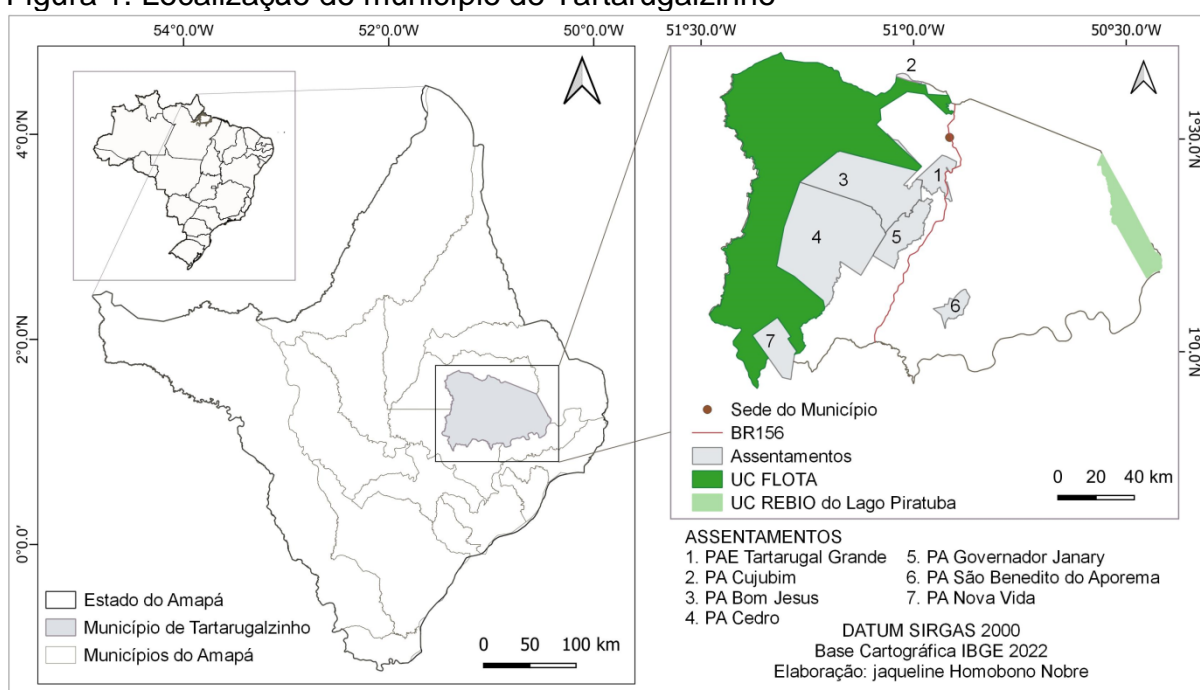
1.3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar dinâmica de ocorrência dos focos de calor no município de Tartarugalzinho, considerando a influência da precipitação e do desmatamento e dos eventos de ENOS ao longo da série histórica de 2001 a 2022;
- Identificar a correlação da ocorrência dos focos de calor relacionando com as variáveis: precipitação e desmatamento;
- Examinar a dinâmica espaço-temporal dos focos de calor, com base na variabilidade pluviométrica e do desmatamento, no município de Tartarugalzinho, no período de 2001 a 2022.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Tartarugalzinho foi criado pela Lei nº 7.639 de 17 de dezembro de 1987, está situado na região central do estado do Amapá e se localiza cerca de 230 quilômetros da capital, Macapá, conforme apresentado na Figura 1. Possui população estimada em 12.945 pessoas e uma área de 6.684,705 km² (IBGE, 2022). Seus limites são com os municípios de Pracuúba, ao norte, Ferreira Gomes ao sul, Amapá e Cutias do Araguari ao leste e Mazagão, Pracuúba e Ferreira Gomes a oeste (Amapá, 2017).

Figura 1. Localização do município de Tartarugalzinho



Fonte: IBGE, 2022.

A Figura 1 ilustra os seguintes atributos territoriais do município de Tartarugalzinho que são: duas Unidades de Conservações, a Floresta Estadual (FLOTA) do Amapá e a Reserva Biológica (REBIO) do Lago Piratuba, representadas pelo verde escuro e claro da Figura; sete projetos de assentamentos, PAE Tartarugal Grande, PA Cujubim, PA Bom Jesus, PA Cedro, PA São Benedito do Aporema, PA Vida Nova e PA Governador Janary que correspondem aos polígonos cinza escuro; tem como limite físico, com o município de Cutias do Araguari, o Rio Araguari, pois está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e na Região dos Lagos; e é um município cortado pela BR 156.

A economia de Tartarugalzinho tem base no funcionalismo público e arrecadação de impostos, além do Fundo de Participação dos Municípios (FPM). No setor primário, destaca-se a criação de gado bovino e bubalino (em maior proporção), além de suínos. A agricultura é de subsistência (mandioca, laranja etc.), além da pesca ser artesanal (Amapá, 2017).

2.1. Clima

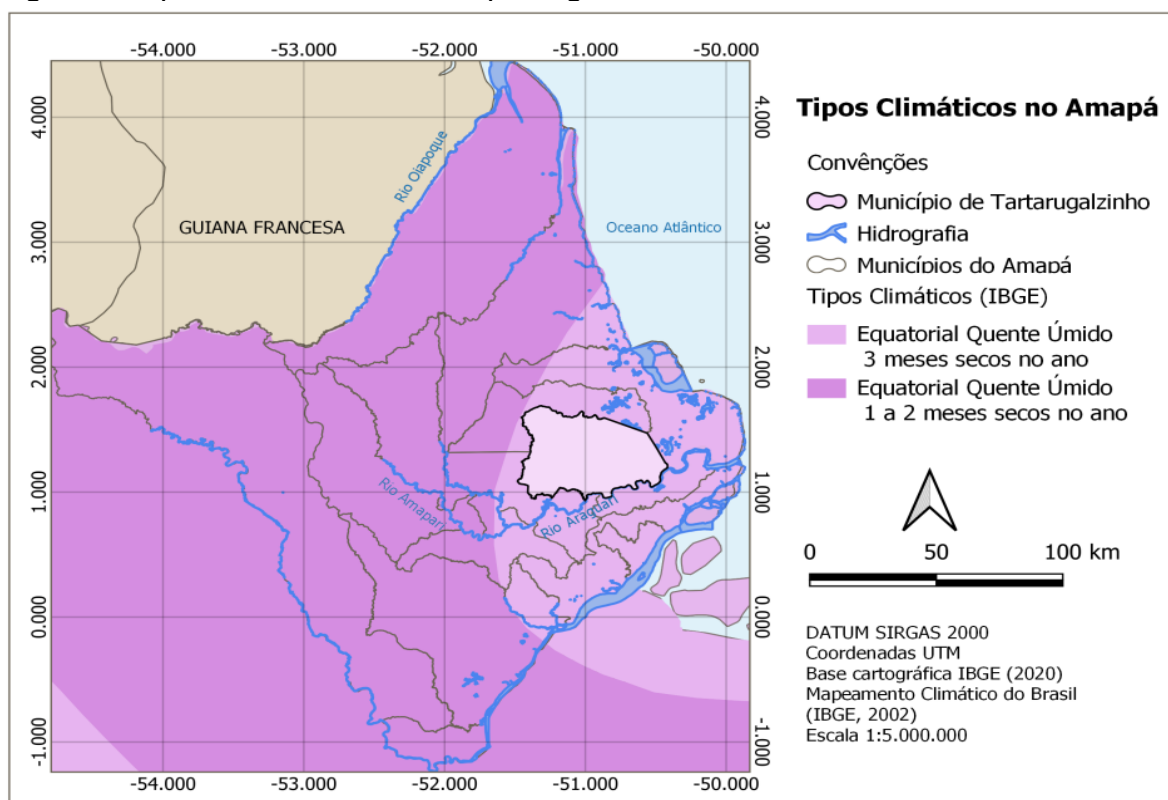
O Estado do Amapá possui de forma geral um clima tropical quente e úmido, caracterizado por um período de seis meses chuvosos e seis meses ou menos secos com significativas variações de precipitação e das taxas de evaporação espaço-sazonais (Neves, 2012; Cunha; Sternberg, 2018).

As nuvens convectivas, brisa marítima e terrestre, aglomerados de nuvens, linhas de instabilidade, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), El Niño/Oscilação Sul são fenômenos atmosféricos atuantes sobre o Estado do Amapá. Dentre estes o principal sistema gerador de chuva para o Estado do Amapá é a Zona de Convergência Intertropical ZCIT, que define a qualidade da estação chuvosa sobre o Estado (Souza et al., 2000). Lopes (2009) acrescenta, ainda, que a ZCIT é um fenômeno meteorológico de escala intrasazonal que influencia a distribuição de precipitação e em muitos casos, é responsável pela variabilidade no clima regional.

A classificação climática do estado do Amapá, segundo Köppen-Geiger (Köppen, 1936), que é fundamentada pela tipologia de vegetação de cada região do planeta, apresenta, somente, o tipo climático *Am* que indica clima tropical de monção com uma estação seca em que a precipitação média mensal é superior a 1.500 mm anuais e inferior a 60 mm no mês mais seco.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utiliza, no seu mapeamento climático do Brasil, a classificação do território nacional realizada por Nimer (1989), que considera as condições de temperatura, precipitação e umidade (Novais, 2011). A figura 2 ilustra mapeamento climático do estado do Amapá, segundo o IBGE.

Figura 2. Tipos Climáticos no Amapá segundo o IBGE



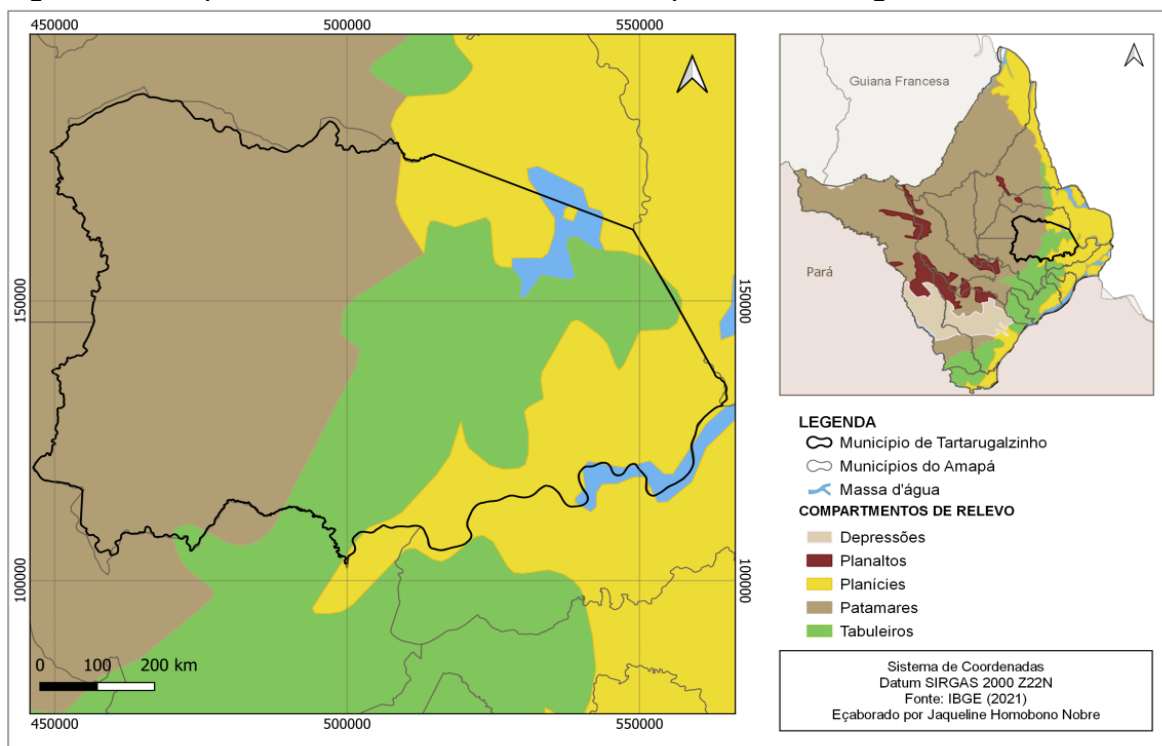
Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

A Figura 2 mostra que o município de Tartarugalzinho está localizado na área de tipologia climática Equatorial quente e úmido, caracterizada por três meses secos ao ano, geralmente são os meses de setembro, outubro e novembro, resultando em um clima predominantemente úmido. Esta área, que se estende do litoral do Amapá até a foz do rio Amazonas, apresenta uma das maiores amplitudes pluviométricas do país, variando de 500 a 660 mm (Nimer, 1989).

2.2. Relevo

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) há um conjunto de formas de relevos que constituem compartimentos, esses compartimentos de relevo para estado do Amapá estão caracterizados por pelo menos cinco grandes unidades: Planaltos; Patamares; Tabuleiros; Depressões e Planícies, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Compartimentos de Relevo no município de Tartarugalzinho



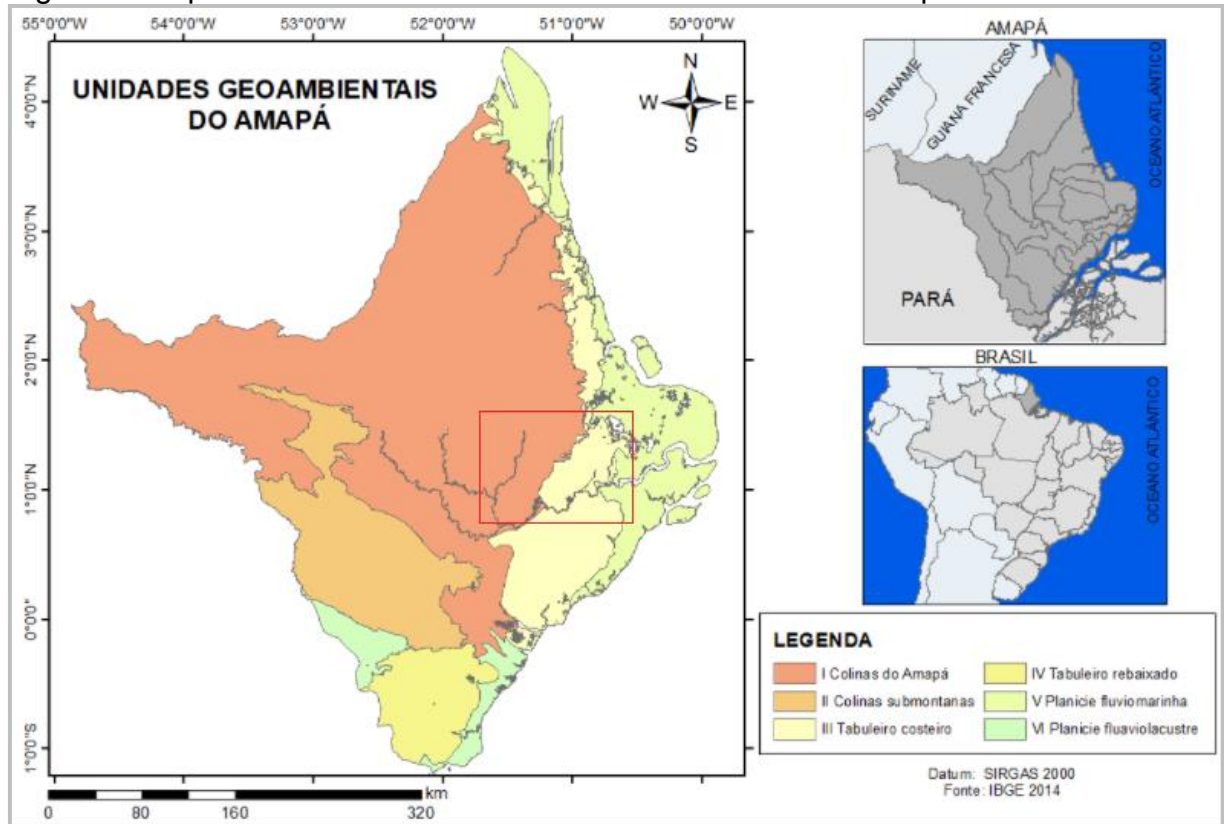
Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

De acordo com a Figura 4, o município de Tartarugalzinho possui em seu território apenas três dos cinco compartimentos de relevo identificados pelo IBGE. As tipologias presentes são: Planícies, Tabuleiros e Patamares. A descrição detalhada dessas três unidades de compartimentos pode ser encontrada em IBGE (2009, p. 30).

Planícies são conjuntos de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, e em que processos de sedimentação superam os de erosão. Tabuleiros e chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas. (...) Os patamares são relevos planos ou ondulados, elaborados em diferentes classes de rochas, constituindo superfícies intermediárias ou degraus entre áreas de relevos mais elevados e áreas topograficamente mais baixas.

Contudo, para maior especificação das características morfológicas do relevo, Santos e Peres Filho (2018) apresentam outra classificação para o estado do Amapá com seis unidades geoambientais, que são: I Colinas do Amapá, II Colinas Submontanas, III Tabuleiro Costeiro, IV Tabuleiro Rebaixado, V Planície Fluvio-lacustre e VI Planície Fluvio-marinha (Figura 4).

Figura 4. Mapa das Unidades Geoambientais do estado do Amapá



Fonte: SANTOS & PERES FILHO, 2018.

Considerando que o retângulo vermelho na Figura 4 direciona a localização do município de Tartarugalzinho, infere-se que as unidades geoambientais desta área são: VI Planície Fluvio-marinha, III Tabuleiro Costeiro e I Colinas do Amapá.

A unidade denominada Colinas do Amapá é caracterizada por relevo com o compartimento que integra três domínios geomorfológicos: Colinas do Amapá, Morros e de Baixos Morros ondulados (Santos; Perez Filho et al., 2018). Para o município de Tartarugalzinho o domínio predominante é o domínio de Morros e de Baixos Morros ondulados, *estes recobertos pela classe de solo predominante na unidade de Latossolos Vermelho-Amarelo, distrófico, sob o ecossistema de Floresta de Terra Firme Densa* (Santos; Perez Filho et al., 2018), onde se localiza a Floresta Estadual do Amapá e os assentamentos.

A unidade geoambiental nomeada de Tabuleiro Costeiro apresenta como característica relevo plano, levemente ondulado e ondulado dissecado pela rede de drenagem dendrítica, ou seja, possui hidrografia com características com grande quantidade de afluentes e subafluentes, e pelos processos climáticos com alto índice pluviométrico. *A unidade é recoberta por Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico,*

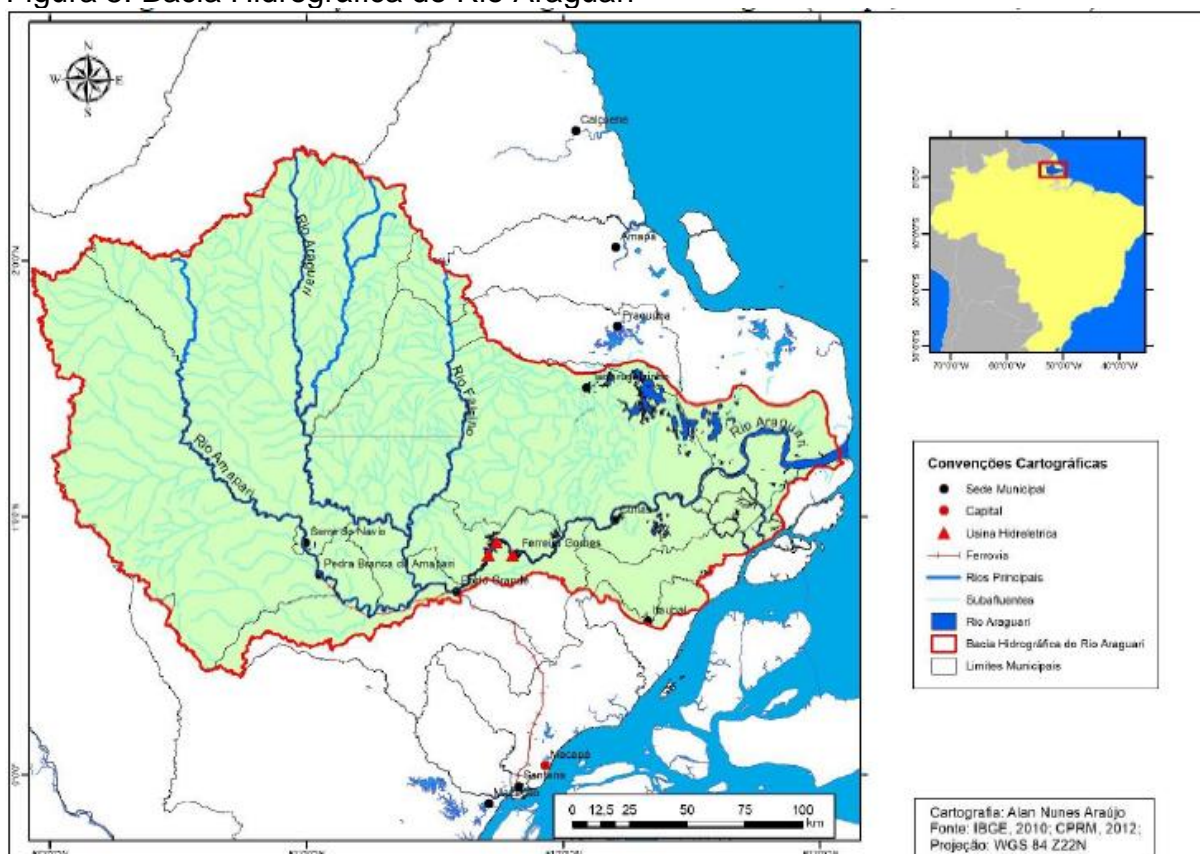
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico petroplintico, Gleissolo Háptico e inclusões de Plintossolo Pétrico Concrecionário, sobre vegetação de Cerrado Arbóreo/Arbustivo (Santos; Perez Filho et al., 2018). No município de Tartarugalzinho é a área onde se localiza a pressão da atividade agrícola da soja e também o plantio do eucalipto, sendo uma área vulnerável, pois não há nenhuma forma de segurança de conservação nesta unidade (Santos; Perez Filho et al., 2018).

A unidade Planície Fluviomarinha representa as áreas baixas e planas situadas ao longo da costa do Estado, que possui contato com o oceano, possui formação geológica recente, resultante de processos geológicos e geomorfológico e climáticos ocasionando acumulação de sedimentos distintos (Santos; Perez Filho et al., 2018). Em Tartarugalzinho, na porção central, ocorre a presença de unidade com depósitos Flúviolacustre e Fluviomarinho, e com presença predominante da classe de solo Gleissolos, também de Plintossolos e Neossolos, nesta área encontra-se a ocorrência de Campos de Várzea, Floresta de Várzea e manguezal (Santos; Perez Filho et al., 2018). A planície costeira é uma região com conexão com o mar e conseqüentemente sofre impacto dessa relação hidrodinâmica (Rocha et al., 2018). Neste caso o relevo plano ou baixo também estão subordinados a efeitos das marés (Rodrigues; Silva Júnior, 2021). Os campos inundáveis, característico nessa região específica, possui alagamento periódico de água salgada ou salobra, (Amapá, 2006) e de inundações ocasionadas pela precipitação (Meirelles; Mochiutti, 2000). Esta área possui baixa ocupação, com apenas algumas comunidades ribeirinhas devido a dificuldade de acesso, e esta sofre com a abertura de canais na rede hídrica e erosão do solo causados pela pecuária bubalina, além, dos incêndios constantes no Verão (Santos; Perez Filho et al., 2018).

2.3. Hidrografia

O município de Tartarugalzinho está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (BHRA), é a maior bacia com área de 43.560km² e cobre 60% do território do estado do Amapá (Araújo, 2019) e considerando as atividades econômicas e suas características naturais é a bacia mais importante do estado do Amapá, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5. Bacia Hidrográfica do Rio Araguari



Fonte: Araújo, 2019.

O Rio Araguari possui extensão de 615 km com nascente na Serra Lombarda que faz limite entre os municípios de Serra do Navio Oiapoque e Calçoene, transcorrendo no sentido norte-sul, na margem direita por todo município de Serra do Navio, na margem esquerda Calçoene e Ferreira Gomes. O Rio muda de sentido ao alcançar o município de Pedra Branca, passando a seguir no sentido sudoeste servindo de limite entre os municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande. Modifica seu rumo na direção nordeste, a partir da sede do município de Porto Grande, em sentido a sua foz, fazendo divisa entre os municípios de Tartarugalzinho e Cutias do Araguari (Amapá, 2018).

O Rio Araguari dispõe como principais afluentes, pela margem esquerda: os rios, Falsino, Tartarugal Grande e Tracajatuba. Na margem direita: os rios Amapari, o furo do Uricurituba, o rio Gurijuba, o rio Pacuí e o rio Pírim (Silva Júnior et al., 2021).

A Bacia Hidrográfica do Rio Araguari possui grande extensão territorial em área e este engloba 11 municípios, dos 16 municípios do estado do Amapá, que são eles: Amapá, Calçoene, Cutias, Ferreira Gomes, Itaubal, Macapá, Pedra Branca do

Amaparí, Porto Grande, Pracuúba, Serra do Navio e Tartarugalzinho (Araújo et al., 2020). Contém unidades de proteção em sua extensão, que são: a Terra Indígena Waiãpi e as Unidades de Conservação Parque do Tumucumaque, Floresta Estadual do Amapá, Floresta Nacional do Amapá, Reserva Biológica do Lago Piratuba, Reserva Extrativista Municipal Beija-Flor Brilho-de-Fogo, Reserva Particular do Patrimônio Natural Seringal Triunfo, Reserva Particular do Patrimônio Natural Retiro Boa Esperança, Parque Natural Municipal do Cancão (Silva Júnior et al., 2021).

As atividades econômicas nesta Bacia são relevantes para o estado do Amapá, como a mineração na Serra do Navio e Pedra Branca, no médio Araguari, na área de cerrado, com áreas cultivadas e plantio de Pinus. Nos Campos Naturais/pastagem localizados no baixo Araguari possui como atividade relevante a produção do rebanho bubalino, além de instalações das hidrelétricas de Ferreira Gomes e de Cachoeira Caldeirão, localizadas na transição entre os Campos Naturais/Pastagem e o Cerrado, na região do médio Araguari (Araújo et al., 2020).

A atividade econômica da bubalinocultura, segundo Lopes (2019), tem ocasionado maior alteração na paisagem, principalmente na Foz do Rio Araguari. Os búfalos, criados de forma extensiva, causam alteração na drenagem, pois provocam a criação de canais de drenagens, mudando a hidrologia da região e causando assoreamento dos rios. Pires (2015) corrobora que a presença do rebanho de búfalos na região está ocasionando o assoreamento da Foz do Rio Araguari.

O município de Tartarugalzinho está inserido, conjuntamente, na “Região dos Lagos do Amapá”, que está localizada entre a foz do Rio Amapá Grande à foz do Rio Araguari, que engloba também os municípios de Amapá e Pracuúba. Considerada como área de “área de extrema importância biológica” do Workshop de Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha, ocorrido na cidade Porto Seguro, no ano de 1999.

A “Região dos Lagos” ou “Região dos Campos Inundáveis”, localizada na Planície Costeira, no leste do estado do Amapá, consiste em uma área de lagos, geralmente permanentes, que são formados por diversos canais de drenagem (Rodrigues; Silva Junior, 2021). A particularidade dessa região é alagamentos periódicos de água salgada ou salobra, (Silveira; Silveira; Costa Neto, 2006) e de inundações ocasionadas pela precipitação no período de janeiro e julho (Meirelles; Mochiutti, 2000). Essa região é caracterizada justamente por sua sazonalidade em

que no período seco possui extensão de campos e na estação chuvosa, forma lagos (Monteiro; Neto, 2017).

2.4. Unidades de Conservação

No território do município de Tartarugalzinho há duas unidades de conservação: Floresta Estadual do Amapá, Módulo III, UC Estadual; e a Reserva Biológica do Lago Piratuba, UC Federal.

A Floresta Estadual (FLOTA) do Amapá, unidade de conservação de Uso Sustentável, é a segunda maior UC do Estado, mas sua área é descontínua, pois está dividida em quatro módulos. Criada pela Lei nº. 1.028/2006 de 12 de julho de 2006 e está sob a jurisdição da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (Amapá, 2014a). Possui uma área total de 2.369.400 hectares e abrange 10 dos 16 municípios do estado do Amapá, que são: Tartarugalzinho, Mazagão, Pracuúba, Porto Grande, Oiapoque, Ferreira Gomes, Calçoene, Pedra Branca do Amapari, Amapá e Serra do Navio.

No município de Tartarugalzinho está localizado o módulo III da FLOTA do Amapá situada na porção oeste do Município, que também abrange os municípios de Pedra Branca do Amapari, Porto Grande, Ferreira Gomes, Pracuúba, Amapá e Calçoene (Amapá, 2014b).

O Módulo III da FLOTA é o segundo maior módulo com área de 742.575,63 ha o que corresponde a 31,4% da área total da UC. Com sua vasta diversidade de tipologias de vegetação, a formação florestal que predomina é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, com tipologia predominante de florestas submontanas (Amapá, 2014b).

O IBGE em 2002 realizou um mapeamento climático do Brasil e o Estado do Amapá foi caracterizado com um único tipo climático, que varia no sentido sudeste/leste-noroeste/norte segundo a distribuição de chuvas. A parte sudeste/leste do estado, onde se localiza a parte central da FLOTA, o clima é Equatorial do tipo úmido e quente com três meses secos durante o ano. O clima no resto do Estado é Equatorial do tipo úmido e quente, com um a dois meses secos durante o ano, onde se situa as partes norte e sul da FLOTA (Amapá, 2014b).

No Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2009) a distribuição da precipitação na área da FLOTA apresenta uma amplitude de precipitação de 2.000 mm, que varia entre aproximadamente 4.200 mm no trecho extremo leste do Módulo III a 2.200 mm

na quase totalidade do Módulo II (o Módulo III apresenta a maior amplitude pluviométrica da FLOTA-AP de 2.000 mm) (Amapá, 2014b).

O Boletim de Monitoramento de Focos de Calor do Estado do Amapá, elaborado pelo Ministério Público do Estado, informou que as UCs foram responsáveis por 11,12% do total de focos de calor registrados no estado do Amapá, no ano de 2019, e que entre as UCs com maior número de focos de calor registrado a FLOTA do Amapá estava em 2º lugar com (413 focos) perdendo somente para RESEX Cajari (728 focos) (Amapá, 2020).

A Reserva Biológica (REBIO) do Lago Piratuba é uma unidade de conservação de Proteção Integral, por sua diversidade biológica e por servir de berço de reprodução e migração de aves e quelônios é considerada uma das mais importantes da Região Norte (Silva Júnior, 2007).

A REBIO do Lago Piratuba foi criada pelo Decreto nº 84.914, de 16 de julho de 1980, e de acordo com o art 2º tem a finalidade de:

“proteção da flora e da fauna, sendo vedadas as atividades de utilização, perseguição, caça, apanha ou introdução de espécies de flora e fauna silvestres e domésticos, ressalvadas as atividades científicas devidamente autorizadas pela autoridade competente”.

Seus limites foram definidos pelo decreto nº 89.932, de 10 de julho de 1984, que definiu sua extensão em aproximadamente em 357.000 ha (trezentos e cinquenta e sete mil hectares).

A REBIO está localizada no extremo leste do estado do Amapá e está contida nos municípios de Amapá e Tartarugalzinho. Faz fronteira com os municípios de Pracuúba, Itaubal e Macapá. Seus limites são: “Oeste com a localidade conhecida como Camaleão (Região dos Lagos); ao Sul, com o Rio Araguari; a Leste, com o Oceano Atlântico e ao Norte, com o rio Macarri” (Dias, 2003).

A Reserva possui vegetação diversa com a presença de mangue, cerrado, floresta e várzea (Silva Júnior, 2007). O clima é tropical úmido, tendo os meses de setembro a dezembro, temperaturas mais altas provocando maior ocorrência de focos de calor, alertando para problemas com queimadas e incêndios florestais, associados a outros fatores principalmente aqueles de ação antrópica (Silva Júnior, 2007).

O Boletim de Monitoramento de Focos de Calor do Estado do Amapá informa que no ano de 2019 a REBIO do Lago Piratuba estava em 3º lugar com (209 focos)

perdendo somente para RESEX Cajari (728 focos), FLOTA do Amapá (413 focos) (Amapá, 2020).

A REBIO do Lago Piratuba possui histórico de queimadas criminosas e incêndios florestais, normalmente ocasionadas pelos pescadores da região. Contudo, nesta região ocorre outra categoria de incêndio: o subterrâneo (Silva Júnior, 2007). Incêndios com grande dificuldade de combate e grande impacto ambiental, pois ocorrem abaixo da superfície do solo, consumindo a matéria orgânica seca (Silva, 1998).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Queimadas, Incêndios Florestais e Focos de Calor

O fogo é um coeficiente de desordem do meio natural e sua ocorrência pode ser um fenômeno natural e antrópico, sendo uma ferramenta de manejo dos recursos naturais e uma arma de destruição dos ecossistemas (Miranda; Saito; Dias, 1996), pois causa uma série de perturbações ecológicas irreversíveis (Li; Lu, 2020). As alterações que produz impactam na superfície terrestre e na composição da camada atmosférica inferior devido à emissão de gases (Kirchhoff et al., 1992; Andela et al., 2017; Li; Lu, 2020)

Os incêndios são também uma das prováveis causas de impactos e danos às florestas tropicais intensificados pelo tempo mais seco, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas tropicais. Por exemplo, uma das maiores fontes de danos em ecossistemas florestais é, em sua maioria, relacionada às mudanças de uso da terra, especialmente para atender às demandas agropecuárias e expansão de terras para esta atividade (Batista, 2004). Mas a maioria dos incêndios que tem ocorrido nesta região é devido à influência das atividades humanas em combinação com as condições meteorológicas em transformação, como a ausência de chuvas, altas temperaturas e baixa umidade do ar, as quais tendem a aumentar o potencial de risco de queimadas e incêndios na cobertura florestal (Lyra, 2015).

Na compreensão sobre o fogo primeiramente é necessário definir sua classificação em: foco de calor, queimada e incêndio florestais. Sendo as queimadas originárias de ações antrópicas propositadas e tem a finalidade de demarcação territorial, a limpeza de pasto, mudança de uso do solo, ou ainda a aceleração dos processos físico-químicos em vegetações específicas, resultando na

alteração da porosidade do solo, infiltração, perda da biomassa, e na modificação do equilíbrio hidrológico e agravamento da saúde humana (CBMGO, 2017; Barros et al., 2018).

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRACE) incêndios florestais é a proliferação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação, localizados em áreas protegidas, ou quando não ocorrer nessas áreas, que tenha como consequência a queda da qualidade do ar (COBRACE, 2015). Lyra (2015) afirma que os incêndios florestais podem ter origem natural, acidental e criminosa.

Focos de Calor é qualquer temperatura registrada acima de 47°C captadas por sensores dos satélites de monitoramento. Contudo, nem tudo que é foco de calor é incêndio, e nem todo incêndio é detectado pelos sensores. Pois o foco indica a existência de fogo em um elemento de resolução da imagem (píxel), que varia de 375 m x 375 m até 5 km x 4 km, dependendo do satélite. Neste píxel pode haver uma ou várias frentes de fogo ativo distintas que a indicação será de um único foco ou ponto (INPE, 2022). Atualmente, as informações são disponibilizadas pelo INPE cerca de 20 minutos após as passagens dos satélites.

Assim, é importante para diversas áreas ter conhecimento sobre o fogo, seja ele queimadas ou incêndios, e para tanto é necessária entender sua espacialização no território, suas causas, consequências e os fatores que potencializam sua ocorrência.

Em 1998 no estado de Roraima, em que foi registrado um evento El Niño de alta intensidade, ocorreu um incêndio que ficou conhecido como desastre ambiental na Amazônia (Kirchoff; Escada, 1998). Esse evento ocasionou a ampliação de programas de monitoramento de queimadas e de risco de incêndios florestais, denominado de Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal (PROARCO/IBAMA).

3.2. Aquecimento Global, Variabilidade, Mudança e Alteração Climática

A variabilidade climática é um conceito que possui maior imprecisão (Pinto; Aguiar Neto, 2008) falta de consenso e padronização (Nunes; Lombardo, 1995) dentre os vários conceitos que permeiam as variações dos elementos climáticos, pois sua definição é divergente conforme a relação desenvolvida em cada campo

científico. No entanto, está sempre relacionada à variação do clima (Nascimento Júnior, 2017).

Nascimento Júnior (2017) apresenta várias conceituações sobre clima, até considerando a ordem cronológica, demonstrando que cada conceito possui atributo correspondente a área científica a qual se refere, no entanto, esclarece que existem algumas definições que atuam como fio condutor, neste caso o princípio da variação é um exemplo. Mas apresenta que a conceituação do clima tem o intuito de encontrar a explicação mais coerente à relação da atmosfera com a interação da superfície e homens/mulheres o que difere conforme a relação desenvolvida por cada área científica.

O conceito de clima, considerando a abordagem geográfica e suas alterações na ordem teórica e epistemológica, acompanha a evolução da climatologia incorporando o fenômeno geográfico para além da natureza meteorológica, agrícola ou físico-natural (Nascimento Júnior, 2017). Assim, os conceitos tradicionais da Climatologia tradicional têm como base a estatística-separatista, em que propõem a média aritmética e estudo separado dos elementos, posteriormente, a abordagem sinótica e dinâmica, que apresenta a sucessão habitual e articulação dos elementos com os fatores climáticos, em seguida a abordagem sintética, em que preconiza o estudo do estado e noção da combinação e variação dos elementos (Sant'anna Neto, 1998; Ely, 2006 e 2007; Barros; Zavatini, 2009) e, atualmente, a abordagem teórico-crítica, que promove a compreensão do clima sob os diferentes modos de produção e as distintas culturas que se relaciona (Sant'anna Neto, 2011; Hulme, 2015).

Na Climatologia Geográfica há a propensão, em seu discurso, em desvincular que o estudo do clima deva ser sempre analisado em sua dependência com a sociedade (Monteiro, 1971; 1991; 2003). Essa característica conversa tanto com a matriz epistemológica e ontológica da Geografia, quanto à permanente relação dos fenômenos atmosférica (tempo e clima), e geográfico (Sant'anna Neto, 2008).

Nascimento Júnior (2017) retrata a conceituação sobre a variabilidade climática ser necessária para Geografia, enquanto conceito de clima e sua aplicação nos estudos geográficos. Dessa forma, apresentando duas abordagens em perspectivas (processo e componente), e de como é possível oferecer limites mais ou menos precisos à explicação do fenômeno climático.

A variabilidade climática, como processo de análise do clima, é a variação do clima (Nascimento Júnior, 2017). Ou, em outros conceitos, variação dos elementos climáticos (Conti, 2005a; 2005b).

Nunes e Lombardo (1995) consideram que é tradicionalmente abordado o conceito de variabilidade a partir da dimensão temporal do fenômeno climático, mas que suas características, identificação e definição também estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento das sociedades e dos seus recursos tecnológicos.

Monteiro (1971) mostra a variabilidade como um processo em sua análise do clima na identificação da gênese do fenômeno climático, relacionando os elementos do clima com a sua análise regional do fenômeno geográfico. Realizando o detalhamento, em dimensão temporal, através da análise quantitativa e qualitativa, expressos no arcabouço analítico do clima.

Ely (2006) contribui com a conceituação da variabilidade, na climatologia geográfica, através da compressão e/ou representação por meio dos processos atmosféricos imediatos, ou seja, aqueles que estão inseridos no tempo meteorológico do contexto da climatologia sinótica e dinâmica, por classificações climáticas de base genética, ambos os aspectos ligados à circulação geral atmosférica.

Por esse motivo a variabilidade tem sido considerada a partir de sua curta duração quando se refere a escala temporal do clima, alcançando a Escala Contemporânea, contrapondo a Escala Geológica e a Escala Histórica (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Na Escala Contemporânea do Clima está situada a maioria dos estudos que precisam utilizar as séries de dados meteorológicos, adquiridos por uma ou mais estações, dentre os quais é realizada análise dos tipos de tempo, definição de tendências e estabelecimento de médias, que ocorreram de preferência num período superior a 30 anos (Mendonça; Danni- Oliveira, 2007, p. 25).

Para Maximilian Sorre é fundamental o emprego do estudo estatístico para análise sobre o estudo da variabilidade (Sant'anna Neto, 2008, p. 65), pois com a análise estatística consegue-se alcançar o princípio da ciclicidade e da periodicidade. E assim, a representação das noções de variação, retorno, amplitude, desvios, períodos e ciclos tornam-se prática observável (Nascimento Júnior, 2017).

Para Sant'ana Neto (2013) a variabilidade trata da condição de intermediação entre o tempo geológico (longo, profundo-mudança) e o tempo recente (social, histórico, curto - ritmo). Dessa forma, a definição da variabilidade está entre o que se remete o ritmo climático (próximo do homem) e a mudança climática (mais distante).

A variabilidade como um componente do clima está vinculada a problematização inerente ao sistema climático, considerando a variabilidade como um atributo do conjunto de algo maior (clima) (Nascimento Júnior, 2017).

A definição como componente do clima está direcionada ao viés estatístico quantitativo, como vemos na definição oficial da Organização Meteorológica Mundial – OMM, que a variabilidade é a “[...] *maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio-padrão ou coeficiente de variação*” (Conti, 2005a, p. 20).

Nascimento Júnior (2017) propõem duas divisões quanto a avaliação estatística da variabilidade. A análise de Martin-Vide (2003), no estudo do clima considera a análise de uma série histórica em sua variabilidade através dos índices de dispersão (tipo de variação, variância, coeficiente de variação) e por estatísticas descritivas (média, máxima, mínima, amplitude, etc), como medidas que vão demonstrar maior ou menor variabilidade, mas deve ultrapassar as definições da estatística convencional, pois a variabilidade climática é uma característica do sistema climático resultante de um processo complexo, que talvez, inclua características não naturais ou promovido por atividades antrópicas.

Steinke (2004) concebe o estudo do fenômeno climático a partir da análise estatística, mas separa os efeitos das atividades antrópicas da variabilidade natural. O *Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC* também apresenta a distinção de conceito entre uma variabilidade que pode ser definida a partir de processos naturais internos do sistema climático (variabilidade interna) e de variações externas, particularmente, por forçamento antropogênico (variabilidade externa) (IPCC, 2007, p. 89), associado à inclusão do papel das atividades humanas na composição da variabilidade natural, assim introduzindo esse aspecto ao aquecimento global moderno e da discussão atual sobre as mudanças climáticas.

Confalonieri (2003) explica que a variabilidade não deve ser confundida com a mudança climática, pois mudança climática se refere a um período de maior variabilidade de eventos extremos e menos previsibilidade do clima. E Grimm *et al.*

(1998) diferencia a mudança climática da variabilidade, pois a primeira é uma tendência ou variação sistemática de elementos climáticos, que pode ocorrer por ação antropogênica.

Mendonça (2010, p. 139) e Ayoade (1986, p. 207) chamam atenção para a escala temporal em que se refere mudança climática e a variabilidade, pois deve ser tratada em escalas temporais específica. A variabilidade ocorre como uma variação temporal mais rápida, em um período menor do que 30 ou 35 anos, necessários para os cálculos das normais climatológicas, no entanto período incapaz para análise de mudança climática, que precisa de um período 100 a 150 anos (Mendonça, 2010, p. 139; Ayoade, 1986, p. 207).

Nimer (1989) trata a variabilidade pela irregularidade climática interanual. Conti (2005a, p. 19) ressalta como uma tendência que nunca é igual de um ano para o outro e nem de década para década. Sant'Anna Neto e Zavattini (2000) e Sant'Anna Neto (2013) discute que a variabilidade através da compreensão de ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos. Sendo a escala temporal da flutuação climática que indica a diferença entre a mudança e a variabilidade.

Contudo, a definição da variabilidade está sempre associada à noção de variação e, que um certo sentido na compreensão, no entanto não há consenso sobre sua definição, mas existe a preocupação em compreendê-la. Sendo conceituada como um fenômeno híbrido, que apresenta uma difícil separação entre o que é natural e as influências antropogênicas e vice-versa, do que um conceito puro, delimitado por processos estatísticos e observacionais (Nascimento Júnior, 2017).

3.3. Desmatamento e o Clima

O desmatamento ou desflorestamento é conhecido por ser a retirada da cobertura florestal nativa da superfície terrestre para uso alternativo do solo. O IBAMA (2003) considera nativa toda vegetação original, remanescente ou regenerada, em que qualquer perda ou supressão total da vegetação nativa deve ser interpretada como desmatamento. Segundo o INPE (2008) o desmatamento é a conversão completa da floresta original em outras coberturas.

Para o MAPBIOMAS de forma geral o desmatamento é *a supressão completa ou quase completa da vegetação nativa existente em uma determinada área* (MAPBIOMAS, 2020 p.8). Mas para o MAPBIOMAS há uma diferença entre o

desmatamento e a supressão de vegetação nativa, pois o desmatamento é frequentemente relacionado ao entendimento de supressão completa e unicamente da vegetação florestal, no entanto o termo desmatamento para ele é definido de forma mais ampla, em que é caracterizado pela supressão de qualquer vegetação nativa incluindo a vegetação nativa não florestal, como, por exemplo, os campos e as savanas (MAPBIOMAS, 2020 p.8-9).

As diferenças entre as abordagens anteriormente apresentadas sobre a compreensão do desmatamento estão vinculadas a como cada instituição realiza o monitoramento do desmatamento. O INPE possui um programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto, onde conta com quatro sistemas operacionais e complementares: PRODES, QUEIMADAS, DETER e DEGRAD.

O projeto PRODES está em funcionamento desde 1988 e tem objetivo de estimar a taxa anual do desmatamento por corte raso¹, em áreas maiores que 6,25 ha, não registrando derrubadas parciais da floresta oriundas de queimadas e de extração seletiva de madeira (INPE, 2008). Como o PRODES não é suficiente para prevenção e fiscalização, pois seus dados apresentados como taxas totais anuais, por isso, em 2004 o INPE implementou o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real – DETER - que foi criado para atender ao Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal do Governo Federal, iniciado em 2003 e assim tem o objetivo de realizar o monitoramento contínuo do desmatamento e da degradação florestal, fornecendo a localização e a dimensão aproximada das novas ocorrências de mudanças na vegetação para auxiliar ações de fiscalização e controle do desmatamento (INPE, 2008).

O DETER utiliza um conceito de desmatamento mais abrangente do que o utilizado pelo PRODES, contendo a dimensão do corte raso e incluindo as ocorrências de degradação florestal² (INPE, 2008). No entanto, com o objetivo de obter maior rapidez em suas medidas, o DETER utiliza satélites que cobrem a Amazônia com maior frequência, mas cujas imagens têm menor resolução espacial, conseqüentemente, suas imagens são menos detalhadas que o PRODES (INPE, 2008).

¹ O corte raso é o estágio extremo do desmatamento, em que o padrão observado representa a retirada completa da vegetação original (INPE, 2008 p.19).

² As áreas com intensidade leve de degradação apresentam clareiras pequenas que podem ser associadas à extração de madeira de grande porte (INPE, 2008 p.15).

Desde 1985 o INPE possui um sistema operacional de monitoramento de queimadas por satélite e para isso desenvolveu metodologias e programas para identificação de focos de calor em imagens de satélites de baixa resolução, como os da série NOAA, GOES, TERRA, AQUA e METEOSAT (INPE, 2008).

O INPE desenvolveu em 2008 o sistema DEGRAD destinado a mapear áreas em processo de desmatamento em imagens LANDSAT e CBERS, onde a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida, com o objetivo de mapear em detalhe áreas de floresta com tendência a ser convertida a corte raso, pois estas áreas não são computadas pelo PRODES (INPE, 2008).

O MAPBIOMAS *é um sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento com imagens de alta resolução* (MAPBIOMAS, 2022), ou seja, analisa os alertas de desmatamento detectados por sistemas de monitoramento que operam no Brasil que são: DETER/INPE (Amazônia e Cerrado); SAD/IMAZON, SipamSAR/Censipam (Amazônia); GLAD/Univ. Maryland (todos os biomas); e mais recentemente o SAD Caatinga/Geodatin/UEFS. Os alertas de cada sistema passa pelo processo de agregação, validação e refinamento e, posteriormente, é inserido na base de dados da Plataforma MapBiomas Alerta, utilizando a análise de imagens de satélite diárias (Planet Scope), com 3 metros de resolução espacial (MAPBIOMAS, 2021).

Dessa forma, o monitoramento do desmatamento tem o objetivo de auxiliar a utilização responsável dos recursos naturais, com informações adequadas para o melhor aproveitamento do território. Assim como, identificar quando a alteração da cobertura florestal foi realizada de acordo com a legislação vigente (supressão legal) e com o desmatamento (supressão ilegal), comumente chamados de desmatamento legal e ilegal, respectivamente. Sendo o maior desafio, principalmente para os estados da Amazônia, diferenciar o desmatamento ilegal do legal, para que se possa atuar na extinção do desmatamento ilegal e promover políticas públicas para reduzir a supressão legal, sem que isso ocasione prejuízo ao desenvolvimento local (Costa; Santos; Funni, 2018).

A preocupação com o desmatamento da Amazônia está além da abordagem da legalidade da exploração, e sim na questão da importância da floresta amazônica para o equilíbrio climático do Brasil e do planeta. Artaxo et al. (2014) retrata a Amazônia e seu poder em armazenamento de carbono e os efeitos sobre o ciclo

hidrológicos. Nobre (2014) acrescenta que a área da bacia amazônica é capaz de transpirar 20 bilhões de toneladas de água por dia (ou 20 trilhões de litros), mesmo que o vapor d'água seja apenas 2% da composição da atmosfera alguns autores acreditam que esse componente é responsável pela definição do tempo e do clima (Ayoade, 2010). Estudos ainda caracterizam a Amazônia como importante regulador do clima global, por sua vasta dimensão e localização próxima ao Equador, sendo esta uma relevante fonte de vapor d'água para todo o sistema climático (Nobre; Marengo; Artaxo, 2009).

Assim, a longo prazo, as mudanças climáticas são uma ameaça para o bioma amazônico, pois ocasiona alterações na dinâmica do sistema local. Mas, o desmatamento é uma ameaça eminente, pois reduz os níveis de evapotranspiração da floresta, transformando o clima local mais quente e seco e podendo afetar o clima de regiões distantes da Amazônia, devido à circulação atmosférica (Marengo et al., 2011).

Há várias pesquisas que, através de modelagem climática, projetam impactos do desmatamento na floresta amazônica, pode ocasionar ao clima local e remoto. Por exemplo, Correia, Alvalá e Manzi (2008) e Artaxo et al. (2014), em suas pesquisas quando foram criados cenários futuros de desmatamento parcial obtiveram como resultados aumento na precipitação local, e quando simularam cenários de desmatamento maior, notou-se um clima mais seco, com redução na precipitação local.

Segundo Correia et al. (2007), estudos observacionais demonstram que em áreas de pastagem há uma menor infiltração da radiação solar na superfície terrestre e uma redução da evapotranspiração e da umidade do ar. Também os autores salientaram a relevância da floresta para a circulação de umidade na região, a qual, uma parte é processada pela evapotranspiração e a outra é importada do Oceano Atlântico.

Fearnside (2006) destaca a importância da Amazônia para a ciclagem da água e a exportação da mesma para outras regiões do Brasil e para outros países próximos. Pois, parte desta transpõem os Andes, mas a maior parcela é desviada para o Sul quando encontra a barreira andina. Nesse movimento, a água segue em direção a região Sudeste do Brasil, e a chuva, que cai, abastece os principais reservatórios hidrelétricos, como também os que são usados como fontes de água

potável nas principais e mais populosas regiões do país. Fatos como estes levam a deduzir a existência de sérios problemas sociais caso haja uma significativa redução nesse transporte de vapor d'água (Amorim; Senna; Cataldi, 2019).

3.4. Climatologia Geográfica

Na segunda metade do século XIX grandes discussões e críticas de Vidal de La Blache sobre o caráter determinista da Geografia alemã e seu caráter fatalista e mecanicista regido por Friedrich Ratzel. Assim, La Blach consegue a aceitação do possibilismo como concepção que determinaria a relação homem-natureza. Com influência do pensamento “lablacheano” Maximilian Sorre, geógrafo francês, propôs a Geografia, o entendimento do espaço pela forma como o homem organiza o meio (Sant'Anna Neto, 2017).

Mas, no que tange a análise geográfica do clima, Sorre propõe em sua obra uma revisão sobre o conceito de tempo e clima, substituindo os parâmetros estatísticos médios, nem mesmo o emprego da estatística nos estudos climáticos, no entanto, esses seriam essenciais para análise da variabilidade climática (Sant'Anna Neto, 2017). Contudo, Sorre se concentrou em discussão teórica e dessa forma nunca realizou qualquer estudo empírico sobre climatologia, por isso é considerado o mentor intelectual da climatologia profundamente geográfica (Sant'Anna Neto, 2017).

Entretanto, o clima como um fenômeno geográfico tem como pioneiro o geógrafo francês Emmanuel de Martonne na primeira versão da obra *Traité de Géographie Physique* de 1909, onde definia a zona de estudo entre a atmosfera e o globo sólido e líquido, como área de análise. E ainda, agregando as definições de tempo e clima de Julius Hann, sobre o estado médio da atmosfera, onde afirmou que em determinadas situações o estudo dos tipos de tempo podem contribuir para análise geográfica, se realizados por certo tempo comprovariam a presença de realidades concretas. Reconhecendo que o tempo varia de maneira desorganizada, mas através de atributos específicos que se repete, por um período longo ou curto, tentando definir as diferenças entre as noções de clima e apresentando a definição mais adequada para análise geográfica (Sant'Anna Neto, 2017).

No Brasil, a transição do século XIX para o século XX, apresentou os antecessores da climatologia, com análise geográfica, os autores Henrique Morize (engenheiro) e Carlos Delgado de Carvalho (geógrafo), com os primeiros estudos

mais sistematizados, pois realizavam análises que compreendia relação com os fenômenos atmosféricos e a sociedade, e também a distribuição espacial dos tipos climáticos (Sant'Anna Neto, 2017). Todavia, Afrânio Peixoto foi quem estabeleceu procedimentos e análises mais conjuntivas e humanísticas, antecedendo um novo paradigma para o estudo geográfico do clima (Sant'Anna Neto, 2017).

Entre as décadas de 1920 a 1960 temos um período frutífero de grande progresso para as ciências atmosféricas no Brasil, mas a Climatologia e a Meteorologia ainda caminham de forma separada, sendo que a Geografia possui alguma colaboração. Dessa forma, a Geografia contribui com a fisiologia da paisagem em âmbito regional, a Meteorologia impelia esforços para compreensão dos mecanismos de circulação atmosférica (Sant'Anna Neto, 2017).

Nesse aspecto destacaram-se Adalberto Serra, Leandro Ratisbonna e Sampaio Ferraz que contribuíram para o paradigma do ritmo climático apresentado por Monteiro (1971) (Sant'Anna Neto, 2017). Assim como, contribuíram para o desenvolvimento da Meteorologia sinótica e dinâmica no Brasil e da Climatologia Dinâmica que agregava as concepções de clima de Max Sorre nas décadas de 1940 e 1950 (Sant'Anna Neto, 2017).

Os estudos dos eventos climáticos passaram a ser uma área de grande interesse a partir do final da década de 1960 e início dos anos 1980, tanto pela natureza complexa dos fenômenos quanto pela abordagem geográfica e humanística realizada na análise do clima do geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (Sant'Anna Neto, 2017)

A abordagem humanística do clima antecedida por Sorre (1951) tem como adeptos Monteiro e Pédelaborde – ilustres geógrafos do Brasil e França, respectivamente – acompanham seus preceitos, mas ambos divergem na forma em que buscam a síntese do clima (Zavattini; Boin, 2013).

Zavattini e Boin (2013) apresentam, em seu capítulo inicial, a importância de Monteiro para Escola Brasileira de Climatologia Geográfica e seu legado para o ensino em Geografia, pois ressalta sua contribuição nos procedimentos metodológicos que já eram considerados ultrapassados. Também aprofundou a investigação quanto à questão crucial em afastar o caráter estático da climatologia e evidenciar sua dinâmica.

Monteiro (1999) relata que se dedicou ao tratamento dinâmico e mais geográfico da climatologia e para isso realizou uma revisão conceitual sobre o caráter geográfico do clima, procurou um novo paradigma, análise rítmica abordando estatisticamente os “padrões” extremos e habituais, classificou (tentando sanar defeitos de classificação) distinguindo seus propósitos genéticos de causalidade. E assim, proporcionou a compreensão do comportamento climático na análise da qualidade ambiental.

Para análise da variável climática habitual (mais frequente) e excepcional (pouco frequente) necessita do tratamento dinâmico (qualitativo), que é utilizada para buscar a origem dos fatos como a análise rítmica (Zavattini; Boin, 2013).

Assim, a compreensão do tratamento estatístico - conhecido como analítico separativo ou quantitativo – também contribui para a pesquisa em Climatologia Geográfica, mas no âmbito da definição da problemática da pesquisa, pois quando a análise de centralidade é realizada associada a seu desvio padrão e coeficientes de variação a apreciação do fenômeno atinge outra proporção (Zavattini; Boin, 2013). Dessa forma, a variabilidade climática pode ser confirmada através de reta de tendência e dos limites de confiança e de predição (Zavattini; Boin, 2013).

Monteiro (1969) expõem que o tratamento estático necessita de longos tempos de observação do fenômeno meteorológico para admitir que esses valores sejam considerados como “normais” num espaço geográfico, assim, ligado ao tempo-espaço. Com propósitos descritivos necessita de ampla rede de observação, para identificação da atuação dos fatores geográficos no espaço regional. Desse modo demonstrando a preocupação com dados quantitativos.

A perspectiva da análise geográfica do clima de Monteiro está alicerçada na compreensão genética e qualitativa dos fatos climáticos, na baixa atmosfera, sendo considerada por ele a camada de interação geográfica, enfatizava que a análise geográfica deveria enfatizar o processo e não o modelo, não desconsiderando o aspecto quantitativo, pois este estaria vinculado a gênese (Sant’Anna Neto, 2017). Todavia os preceitos trabalhados por Monteiro pretendiam romper com a análise climatológica separativa, estática e quantitativa (Zavattini, 2000).

Assim, a concepção geográfica do clima quando trata da organização do espaço precisa ser baseada como sendo criadora de tipos de tempo, do qual as características são dinâmicas, complexas e muito sensível a qualquer mudança por

meio de qualquer interação com o homem, em qualquer parte do planeta (Zavatinni, 2000).

3.5. Geografia do Clima

A Climatologia Geográfica trouxe um novo paradigma quanto aos fenômenos atmosféricos e o papel da Geografia no estudo do clima, onde Monteiro contribuiu com um arcabouço teórico e metodológico, no entanto, necessita de uma nova perspectiva da ciência (Sant'anna Neto, 2008).

Segundo Sant'anna Neto (2001 e 2008) o problema da análise geográfica do clima tratado por Monteiro está na forma em que a abordagem se sustenta, a partir de um tripé: ritmo climático – ação antrópica – impacto ambiental. Onde realiza a crítica sobre: a análise episódica que considera a gênese dos processos da natureza atmosférica como participante do espaço antropizado; a concepção da ação antrópica ser extremamente naturalista minimizando os aspectos sociais; e o impacto ambiental ser compreendido como relação causa-efeito do papel do clima na superfície terrestre.

Dessa forma, Sant'anna Neto (2001 e 2008) propõe buscar essa nova compreensão dos fenômenos atmosféricos utilizando a base teórica da Geografia contemporânea, através de releitura dos modelos ou até a incorporação dos métodos e novos paradigmas em busca de uma Climatologia eminentemente humana e geográfica, ou seja, uma Geografia do Clima. Assim, propondo uma revisão conceitual sobre a relação clima – sociedade, pois o conhecimento sobre os fenômenos atmosféricos não pode ser um fim em si mesmo. Considerando o processo de globalização e mundialização, atribuindo o conceito de apropriação da natureza por uma sociedade estabelecida em classes.

De acordo com Sant'anna Neto (2001 e 2008) para o desenvolvimento de uma Geografia do Clima são necessários dois aspectos imprescindíveis: o domínio do instrumental tecnológico para novas possibilidades de análise; e a incorporação da dimensão social na interpretação do clima para a perspectiva geográfica.

Por isso, é fundamental e primordial entender que o método proposto para a Climatologia sobre o estudo do clima é o materialismo histórico dialético, pois parte do movimento em identificar a análise das contradições na relação entre clima e sociedade na esfera capitalista (Armond; Zavatinni, 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste segmento, são expostos os dados, as metodologias e as ferramentas empregadas na condução da pesquisa e na análise proposta.

4.1. Levantamento de dados

A coleta de dados envolve a identificação e a especificação dos dados utilizados na pesquisa. Portanto, nesta investigação, os dados em uso compreendem:

4.1.1. Dados de ocorrência do El Niño e La Niña

Os dados utilizados para monitorar a ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña são extraídos do Índice Niño Oceânico (ONI). As informações abrangem o período de 2001 a 2022 e têm como fonte primária o *Climate Prediction Center* (CPC) (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). O ONI consiste em uma média contínua de três meses de anomalias de Temperatura do Mar Superficial (TSM) no Oceano Pacífico.

Para identificar as anomalias de temperatura, foi estabelecido um limiar de +/- 0,5°C, visando diferenciar entre El Niño (+0,5°C) e La Niña (-0,5°C). Essa distinção é feita quando o TSM ultrapassa esse limite por um mínimo de cinco temporadas consecutivas.

Os critérios fornecidos pelo *Golden Gate Service* foram adotados como base para classificar e avaliar os eventos ENOS de acordo com sua intensidade (com base no ION).

Tabela 1. Classificação dos eventos ENOS de acordo com o ION.

CLASSIFICAÇÃO	EL NIÑO	LA NIÑA
Muito Forte	≥ 2,0	≥ -2,0
Forte	1,5 a 1,9	-1,5 a -1,9
Moderado	1,0 a 1,4	-1,0 a -1,4
Fraco	0,5 a 0,9	-0,5 a -0,9
Neutro	-0,4 a 0,4	-

Fonte: Adaptado de Golden Gate Service (2023).

A classificação de intensidade dos eventos ENOS baseia-se em critérios apresentados pelo Golden Gate Service (<https://ggweather.com/enso/oni.htm>) com base no ION, apresentada na Tabela 1.

4.1.2. Precipitação

Os dados de precipitação mensal e anual utilizados neste estudo foram adquiridos através do Portal HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br>), integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), sob a coordenação da Agência Nacional da Água (ANA). Eles abrangem o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2022 e provêm de três estações pluviométricas situadas no município de Tartarugalzinho: ITAUBAL DO AMAPÁ (código 8151000), Tartarugal Grande (código 8150001) e APOREMA (código 8150000), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Informações sobre as estações pluviométricas

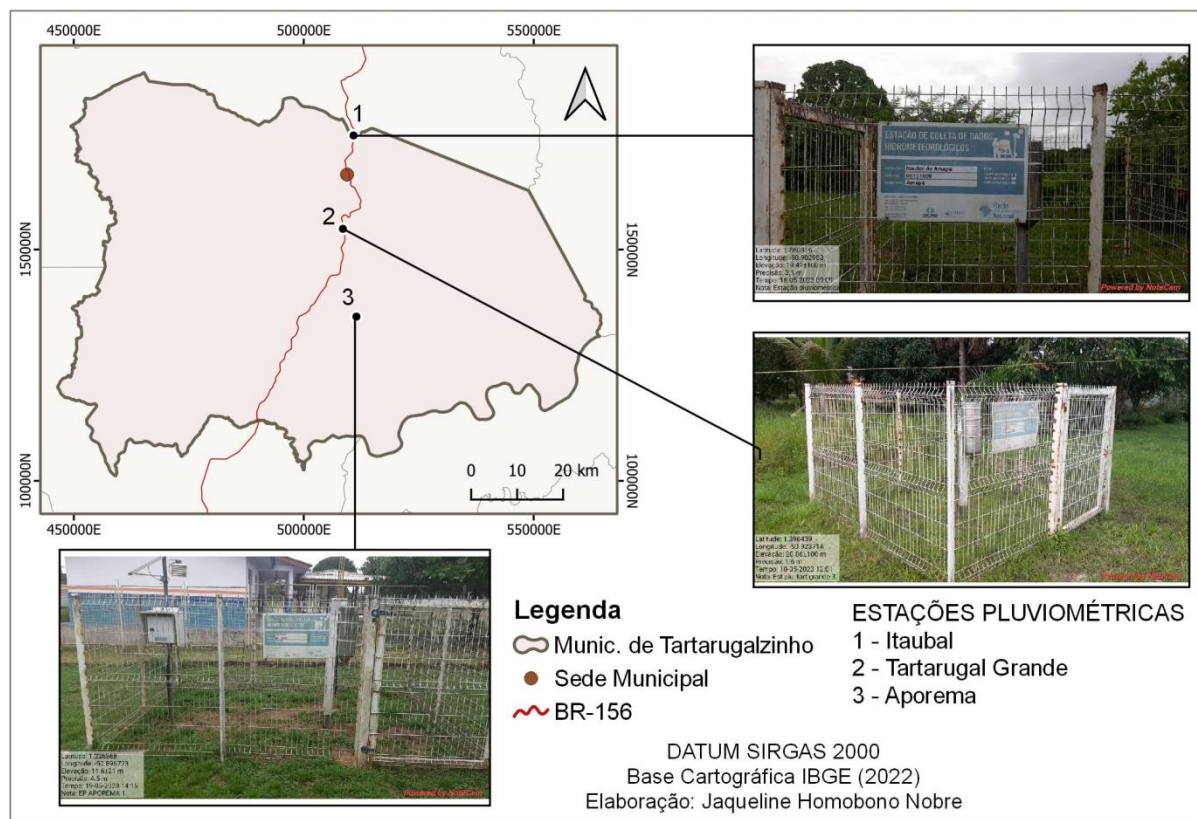
Código	Nome	Localização		Período de dados disponível		Local
		Latitude	Longitude	Início	Termino	
8150000	APOREMA	1,23	-50,90	28/02/1975	Operando	Fazenda Modelo
8151000	ITAUBAL DO AMAPÁ	1,58	-50,90	31/03/1984	Operando	BR156 - Itaubal
8150001	TARTARUGAL GRANDE	1,40	-50,92	28/02/1997	Operando	Rio Tartarugalzinho

Fonte: ANA (2023).

Os detalhes abrangentes sobre as estações pluviométricas são delineados no Quadro 1, que inclui os códigos e nomes de identificação, localização e período de disponibilização dos dados. Portanto, de acordo com as informações fornecidas pelo Quadro 1, confirma-se que as três estações estão atualmente em operação.

A Figura 6 demonstra a localização das estações pluviométricas supracitada onde observa-se que as estações estão localizadas ao longo da BR-156 e imagem das estações são fotos retiradas em maio de 2023.

Figura 6. Estações Pluviométricas da ANA localizadas no município de Tartarugalzinho



Fonte: Nobre, 2023.

A estação pluviométrica de Itaubal está situada no lado direito da BR-156, sobre um afloramento rochoso. A estação Tartarugal Grande está posicionada no quintal de uma residência, próxima à margem da BR-156. Por sua vez, a estação Aporema está localizada em uma área anteriormente denominada Fazenda Nova, ao lado de uma escola.

4.1.3. Desmatamento

Os dados de desmatamento utilizados neste trabalho são sobre corte raso disponíveis no PRODES (Programa de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE). O mapeamento possui processo de identificação do desmatamento por interpretação visual e com utilização de imagens do satélite Landsat da NASA/USGS (EUA), resolução espacial na faixa de 20-30 metros com uma escala de 1:250.000, para registrar e quantificar as áreas desmatadas maiores que 6,25 hectares. Atualmente podem ser utilizadas imagens do satélite Landsat-8, SENTINEL-2 ou CBERS-4/4A do INPE/CRESDA (INPE, 2022).

Para realizar análise estatística é utilizado as taxas anuais do PRODES retirados do portal <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>, o qual apresenta dados anuais contínuos de 2001 a 2022.

Na análise de distribuição espacial do desmatamento são utilizados os polígonos de incremento de desmatamento disponibilizados na plataforma TerraBrasilis (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>) em que até 2007 são apresentados dados acumulados da área total desmatada, comumente chamada de máscara de desmatamento, e a partir de 2008 os shapefile são anuais de incrementos de desmatamento por corte raso.

4.1.4. Focos de Calor

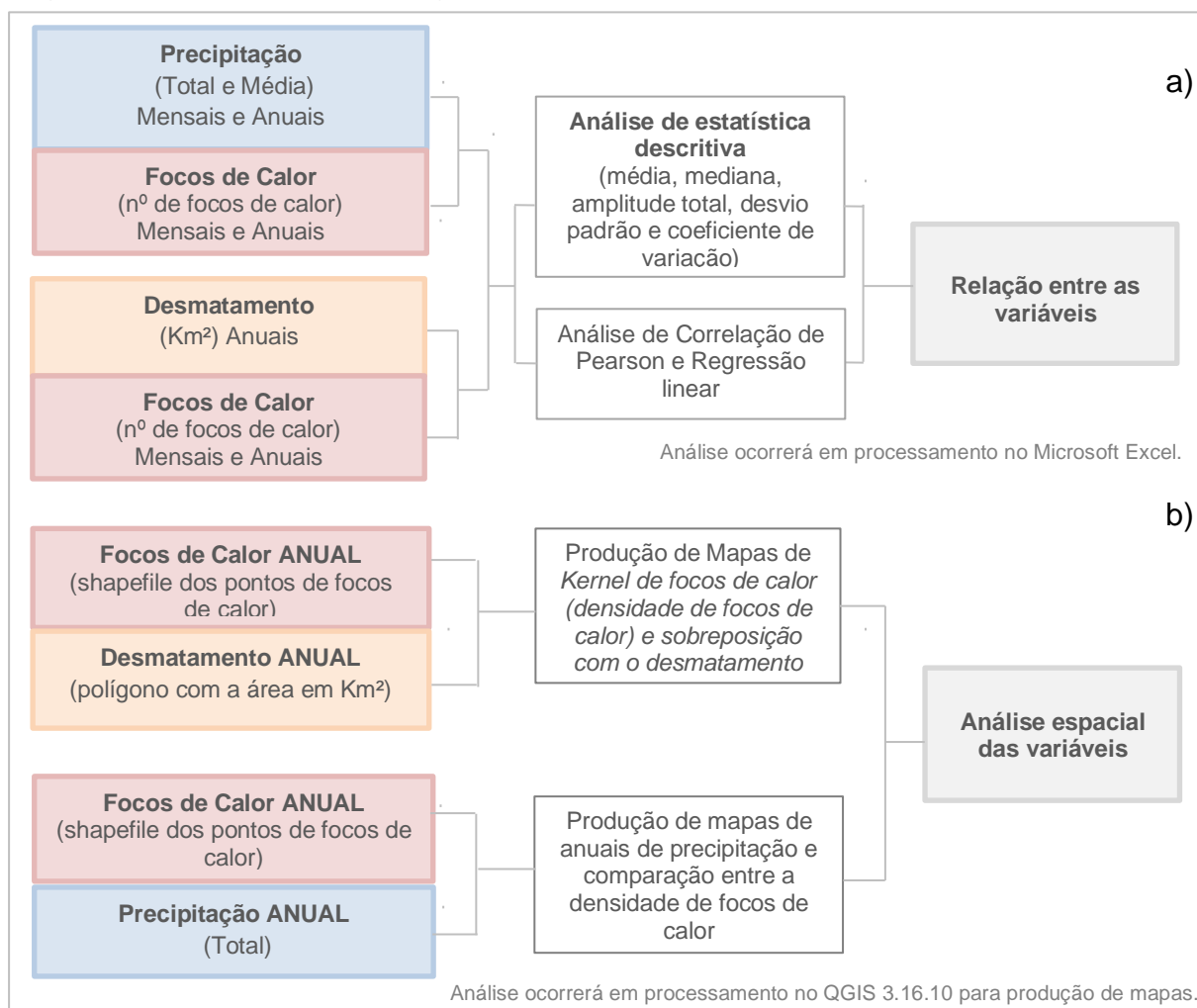
Os dados de focos de calor são shapefiles de pontos mensais e anuais do período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2021, retirados do portal BD Queimadas (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>), desenvolvido pelo INPE.

Os dados utilizados são de satélites de referências, mais indicados para análise de séries históricas. No INPE os satélites de referências utilizados são: desde 1998 a julho de 2002 foi utilizado o NOAA-12 (sensor AVHRR, passagem no final da tarde), e a partir de então o AQUA_M-T (sensor MODIS, passagem no início da tarde) (INPE, 2022). Assim, para a série histórica desta pesquisa, no período de 01 de janeiro de 2000 a 30 de junho de 2002 os dados utilizados são do satélite NOAA-12 e no período de 01 de julho de 2002 a 31 de dezembro de 2021 os dados do satélite AQUA_M-T. Ambos possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4um, com detecção maior ou igual a frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura. (INPE, 2022).

4.2. Análise de dados

A análise de dados retrata as técnicas que foram utilizadas na pesquisa para a o alcance dos objetivos proposto. Assim, nesta pesquisa as técnicas de análise de dados utilizados estão presentes na Figura 7.

Figura 7. Esquema metodológico para análise de dados.



Fonte: Nobre (2023).

A relação é representada por meio de gráficos, utilizando as variáveis precipitação e focos de calor. Posteriormente, é analisada a relação entre desmatamento e focos de calor, conforme demonstrado na etapa “a” da Figura 7.

A figura 7 demonstra que há dois momentos de análise de dados que são: a) análise estatística descritiva e b) análise de geoespacializada.

Após os resultados, nos dois momentos, são identificados os períodos de ocorrência e intensidade dos eventos de El Niño e La Niña e normais (sem eventos de El Niño e La Niña).

4.2.1. Análise Estatística

A análise de estatística descritiva nesta pesquisa examinou os dados mensais e anuais das variáveis precipitação e focos de calor, no entanto o desmatamento a análise é anual, pois os dados disponíveis são anuais.

A série histórica apresentou resultados estatísticos através dos seguintes parâmetros: média, mediana, amplitude total de variação, valores mínimo e máximo, desvio padrão, coeficiente de variação.

A média de todas as observações na série de dados é igual à soma dos valores do conjunto dividido pelo número total dos valores, de acordo com fórmula a seguir:

$$Média = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad (1)$$

Em que x_i são os valores da variável e n o número de valores.

A mediana é o ponto médio das séries de dados, onde metade dos dados na série é maior do que a mediana e a outra metade é menor, conforme equação a seguir:

$$Mediana = l + \left[\left(\sum \frac{f_i}{2} - FAA \right) \times h \right] f \quad (2)$$

Sendo l é o limite inferior da classe mediana, f_i é a frequência, FAA é a frequência acumulada da classe anterior à classe mediana, h^* é a amplitude do intervalo da classe mediana e f^* é a frequência simples da classe mediana.

A amplitude total de variação é a diferença entre o maior e o menor valor da série, sendo os valores máximos e mínimos os valores extremos da série histórica.

$$Amplitude\ Total = Máximo - Mínimo \quad (3)$$

Desvio Padrão (S) leva em consideração uma amostra dos valores da variável em estudo. É um indicador de variabilidade bastante estável. O desvio padrão baseia-se nos desvios em torno da média aritmética e a sua fórmula básica pode ser traduzida como a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios e é representada por S.

A fórmula para o desvio padrão de uma amostra é:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Onde, X_i é o valor da variável, X é a média, n é o número de dados observados.

O Coeficiente de Variação é utilizado quando o intuito é comparar a variabilidade (ou dispersão) entre conjuntos de dados (observações ou ocorrências)

com médias bem diversas ou cujas unidades de medida são dispares. Sendo o resultado dados em porcentagem (%).

$$CV = \left(\frac{S}{X}\right) \times 100 \quad (4)$$

Para a realização da análise e interpretação dos dados e fenômenos geográficos envolvendo, ao mesmo tempo, duas variáveis, e compreendê-las Gerardi e Silva (1981, p. 89) recomenda regressão simples e a de correlação. Que explicam que, na análise de regressão, a indagação é se é possível, partindo de uma variável prever a outra, ou seja, prever que valor de uma variável y corresponde a um valor dado de uma variável x . Normalmente x é a variável independente, y a variável dependente (p. 89).

Assim, segundo Spiegel (1976, p. 362), para auxiliar é necessário a determinação que relacione as variáveis. Portanto, inicialmente, foram elaborados gráficos de dispersão, e na sua configuração, solicitada a linha de tendência, equação do gráfico e o R-quadrado, utilizando o software Microsoft Excel®. Sendo que para calcular o coeficiente de determinação (r^2), é utilizado a seguinte equação:

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - Y)^2}{\sum(Y_i - Y)^2} \quad (5)$$

Com a determinação do coeficiente de determinação (r^2) é calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) no software Microsoft Excel®, no entanto, esse coeficiente possui a seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (6)$$

Assim, o uso do coeficiente de determinação (r), é muito útil quando verifica-se qual o ajustamento da reta de regressão, ou em outras palavras, quanto da variabilidade dos valores observados da variável dependente é apreendido pela regressão (Gerardi; Silva, 1981, p. 96).

Os valores determinam a relação entre as variáveis, assim se variar entre $-1,00$ a $+1,00$, indicando que a correlação é muito forte entre as variáveis, e que se for positiva é diretamente correlacionada e se for negativa é inversamente relacionada. Pode ocorrer a presença de valores "0" o que resulta em uma não

correlação entre as variáveis e uma maior dispersão das variáveis no diagrama (Downing e Clark, 2002).

Francisco (1995) apresenta uma interpretação para os valores de “r” que estão divididos em classes de intervalos (positivos ou negativos), como:

- $0,00 < r < 0,20$: correlação bem fraca;
- $0,20 < r < 0,40$: correlação fraca;
- $0,40 < r < 0,70$: correlação moderada;
- $0,70 < r < 0,90$: correlação forte; e
- $0,90 < r < 1,00$: correlação muito forte.

Sendo essa interpretação que está sendo utilizada nas análises dessa pesquisa.

4.2.2. Espacialização dos dados

Na análise espacialização dos dados foram usados dois momentos, onde no primeiro é utilizada a técnica dos Mapas de *Kernel* com processamento de dados realizado pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.16 para identificação da densidade dos focos de calor será, com identificação de quebras naturais (Jenks).

Os mapas são gerados utilizando dados de focos de calor (shapefile) para cada um dos anos, sendo apresentadas cinco densidades de focos de calor: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Assim, é realizada a sobreposição dos polígonos de desmatamento com dados do mesmo período para que seja traçada uma relação entre a área desmatada e a densidade de focos de calor.

No segundo momento foi realizada a interpolação dos dados de precipitação anual das três estações pluviométricas (Itaubal, Tartarugal Grande e Aporema) para a elaboração de mapas de precipitação de médias anuais no QGIS 3.16 também utilizando as quebras naturais. Dessa forma, realizou a comparação com os mapas do mesmo período de densidade de focos de calor.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO, DESMATAMENTO PARA OCORRÊNCIA DE FOCOS DE CALOR SOB A INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS EL NIÑO E LA NIÑA.

Este item fornece um panorama histórico da precipitação, desmatamento e ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho, para o período de 2000 a 2022. Compreender o histórico dessas variáveis é fundamental para identificar tendências e padrões ao longo do tempo, e assim, investigar a influência da variabilidade climática e do desmatamento na ocorrência de incêndios florestais na região. Essa análise leva em consideração a presença dos eventos de El Niño e La Niña.

5.1. El Niño e La Niña

El Niño e La Niña são dois fenômenos climáticos recorrentes que ocorrem no Oceano Pacífico e têm influência significativa no clima global. Ambos fazem parte do fenômeno conhecido como "El Niño-Oscilação Sul" (ENOS), que descreve as variações nas temperaturas da superfície do mar e na pressão atmosférica em diferentes regiões do Pacífico.

O histórico a ser trabalho sobre a ocorrência do fenômeno conhecido como "El Niño-Oscilação Sul" (ENOS) são para 2001 a 2022, com base no Índice Niño Oceânico (ONI). Esse índice é uma medida crucial para acompanhar as variações nas temperaturas da superfície do mar no Oceano Pacífico tropical e para identificar e classificar a intensidade dos fenômenos climáticos ENOS.

O ONI é calculado através da média contínua de 3 meses de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Através desse índice, podemos monitorar o aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) das águas do Pacífico, bem como classificar a intensidade (muito forte, forte, moderado e fraco) das anomalias, além de analisar os períodos de transição entre essas fases, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Histórico do Índice Niño Oceânico (ONI) e a Classificação de intensidade dos eventos ENOS para o período de 2001 a 2022.

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	EL NIÑO	LA NIÑA
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-	Fraco
2002	-0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,1	Moderado	-
2003	0,9	0,6	0,4	0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	Moderado	-
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	Fraco	-
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8	Fraco	-
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9	Fraco	Fraco
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6	-	Forte
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-	Forte
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0	0,3	0,5	0,6	0,7	1	1,4	1,6	Moderado	-
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-	Forte
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1	-1,1	-1	-	Moderado
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2	-	Moderado
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-	-
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0	0,2	0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	Fraco	-
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6	Muito Forte	-
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	Muito Forte	Fraco
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1	-	Fraco
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8	Fraco	-
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	Fraco	-
2020	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2	-	Moderado
2021	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1	-1	-	Moderado
2022	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-1	-0,9	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-0,9	-0,8	-	Moderado

Fonte: Adaptado de *Climate Prediction Center e Golden Gate Service (2023)*.

A classificação de intensidade da anomalia de TSM é: Fraco (com variação de 0,5 a 0,9), Moderado (de 1,0 a 1,4), Forte (de 1,5 a 1,9) e Muito Forte ($\geq 2,0$). Considerando +0,5 °C para eventos quentes (El Niño) e abaixo da anomalia de -0,5°C para frio (La Niña).

A Tabela 2 apresenta os registros dos eventos de ENOS no período de 2001 a 2022, os quais foram registrados diversos eventos do fenômeno El Niño e La Niña, que tiveram diferentes intensidades e efeitos no clima global e regional. A seguir, apresentamos os resultados da tabela de ocorrência desses eventos classificados de acordo com sua intensidade:

El Niño:

- Eventos de intensidade fraca: O fenômeno El Niño apresentou intensidade fraca nos anos de 2004, 2005, 2006, 2014, 2018 e 2019. Durante esses períodos, as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) variaram entre 0, 5°C e 0,9°C. Embora como passivos esses eventos ainda afetaram o clima em várias partes do mundo, desencadeando alterações nos padrões de chuvas e temperaturas.

- Eventos de intensidade moderada: Os anos de 2002, 2003 e 2009 foram marcados por El Niño de intensidade moderada, com anomalias de TSM entre 1,0°C e 1,4°C. Esses eventos foram mais significativos em termos de impacto climático, influenciando as condições meteorológicas e causando mudanças notáveis em várias regiões.
- Eventos de intensidade muito forte: Dois eventos El Niño foram classificados como muito fortes durante o período analisado, ocorrendo nos anos de 2015 e 2016. Nessas ocasiões, as anomalias de TSM atingiram ou excederam 2,0°C, representando um aquecimento excepcional das águas do Pacífico. Esses eventos tiveram efeitos influenciados em escala global, influenciando o clima, ocorrência de fenômenos extremos e padrões climáticos em várias regiões do planeta.

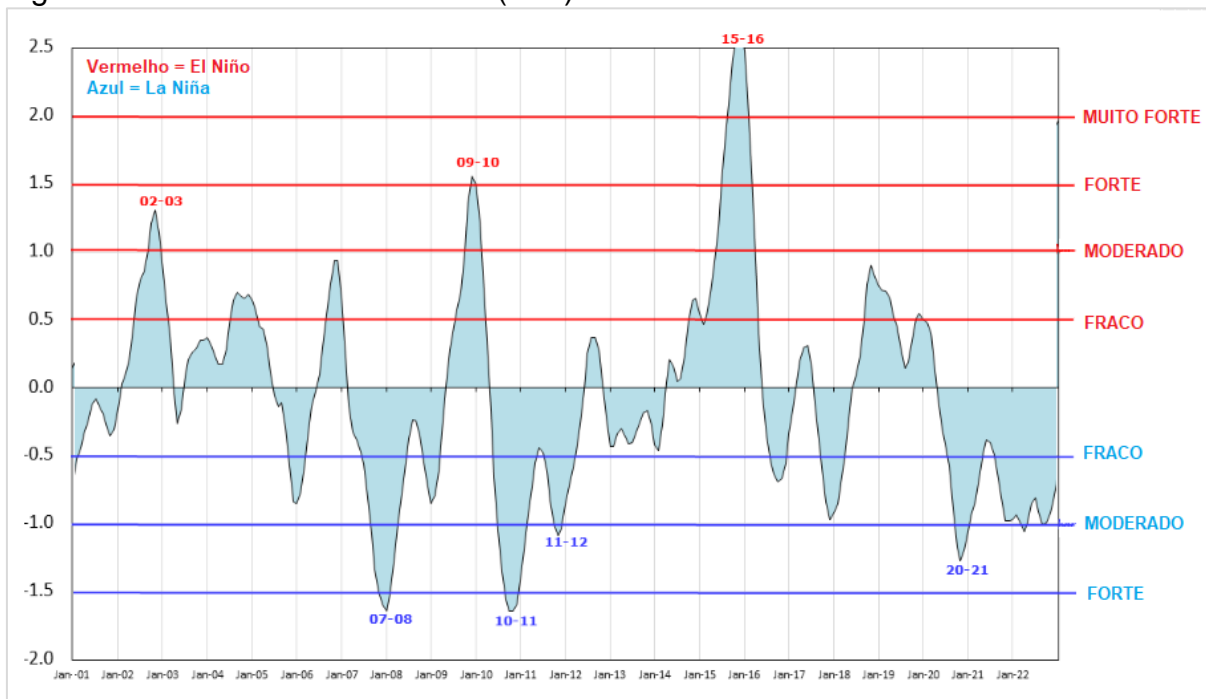
La Niña:

- Eventos de intensidade fraca: Os anos de 2001, 2006, 2016 e 2017 foram marcados por episódios de La Niña com intensidade fraca, caracterizadas por anomalias de TSM entre -0,5°C e -0,9°C. Embora classificados como flexíveis, esses eventos La Niña foram capazes de provocar uma série de mudanças climáticas, influenciando padrões de chuvas, secas e temperaturas.
- Eventos de intensidade moderada: Nos anos de 2020, 2021 e 2022, a La Niña apresentou intensidade moderada, com anomalias de TSM entre -1,0°C e -1,4°C. Durante esses períodos, o resfriamento das águas do Pacífico teve influência em diversas regiões, afetando a distribuição de chuvas e as condições climáticas.
- Eventos de intensidade forte: Nos anos de 2007, 2008 e 2010, a La Niña atingiu intensidade forte, com anomalias de TSM entre -1,5°C e -1,9°C. Esses eventos tiveram influência significativa no clima global e regional, evoluindo em padrões climáticos distintos, incluindo secas prolongadas, chuvas intensas e fenômenos meteorológicos extremos.

Os resultados apresentados na Tabela 2 de incidência de ENOS ao longo do período de 2001 a 2022 destacam a natureza mutável e dinâmica dos fenômenos El Niño e La Niña, demonstrando como esses eventos climáticos podem exercer influência em escala global. Para uma compreensão mais aprofundada da variação

de temperatura durante os eventos de ENO, a Figura 8 visualiza a variação da Tabela 2, que contém dados históricos relacionados à variação de temperatura característica dos fenômenos El Niño e La Niña.

Figura 8. Índice de Niño Oceânico (ONI) 2001 – 2022



Fonte: Adaptado do <https://ggweather.com/enso/oni.htm>

O El Niño e La Niña representam as fases positiva e negativa, respectivamente, do fenômeno ENOS, conforme ilustrado na Figura 8. Essas fases indicam o aquecimento ou resfriamento anômalo da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Pacífico tropical, conforme observado por Souza et al. (2000). Dessa forma, a variabilidade pluviométrica sazonal na Amazônia é influenciada pelo fenômeno ENOS - El Niño-Oscilação Sul sobre o Pacífico tropical, desempenhando um papel essencial na variabilidade climática da região Amazônica (Kousky; Kayano; Cavalcanti, 1984; Marengo, 1992; Liebmann; Marengo, 2001).

As variações no padrão de chuvas na Amazônia podem ser resultado de anomalias nas temperaturas da superfície dos oceanos e das condições de uso do solo, incluindo o tipo de vegetação e a umidade do solo (Limberger; Silva, 2016). Molion (1975) estimou que 56% da precipitação na bacia amazônica origina-se da evapotranspiração local, enquanto os restantes 44% derivam predominantemente da advecção de umidade, especialmente proveniente do oceano Atlântico.

Assim, sendo La Niña amplifica a quantidade de chuvas na bacia amazônica, ao passo que o El Niño reverte essa tendência, impactando a evapotranspiração e

elevando as temperaturas (Moura et al., 2019). Observa-se que as médias mensais de precipitação são reduzidas em decorrência do fenômeno o El Niño, enquanto neste mesmo período há aumento das médias de temperatura e evapotranspiração. Na presença do fenômeno La Niña foi observada variações opostas (Limberger; Silva, 2016).

Além da precipitação, as secas intensas provocadas pelo El Niño também resultam em incêndios e empobrecimento florestal devido à maior inflamabilidade. Este índice tende a diminuir durante anos de La Niña, graças ao aumento da precipitação, conforme destacado por Nepstad et al. (2009).

Esse cenário pode ser amplificado com o desmatamento quando ocorre a substituição da floresta Amazônica por uma cobertura diferente, com menor taxa de evapotranspiração, resultará em uma redução na quantidade de vapor d'água na atmosfera. Isso, por sua vez, diminuirá a precipitação, especialmente durante os períodos mais secos, prolongando-os. Esse processo pode levar a um déficit de água no solo, ocasionando maiores oscilações na temperatura, conforme apontado por Marengo (2007).

Assim, destaca-se a complexidade e interconexão dos fenômenos climáticos, particularmente evidenciados pelos padrões El Niño e La Niña, que desempenham papéis cruciais na variabilidade climática da região Amazônica. A análise das influências desses fenômenos sobre a precipitação, temperatura e eventos climáticos extremos revela a sensibilidade do ecossistema amazônico a essas oscilações. Ademais, a relação entre o desmatamento e as mudanças no regime hídrico, conforme discutido, ressalta a importância da preservação da cobertura florestal para a sustentabilidade do clima regional.

5.2. Série Histórica da Precipitação Pluviométrica, Desmatamento e Focos de Calor

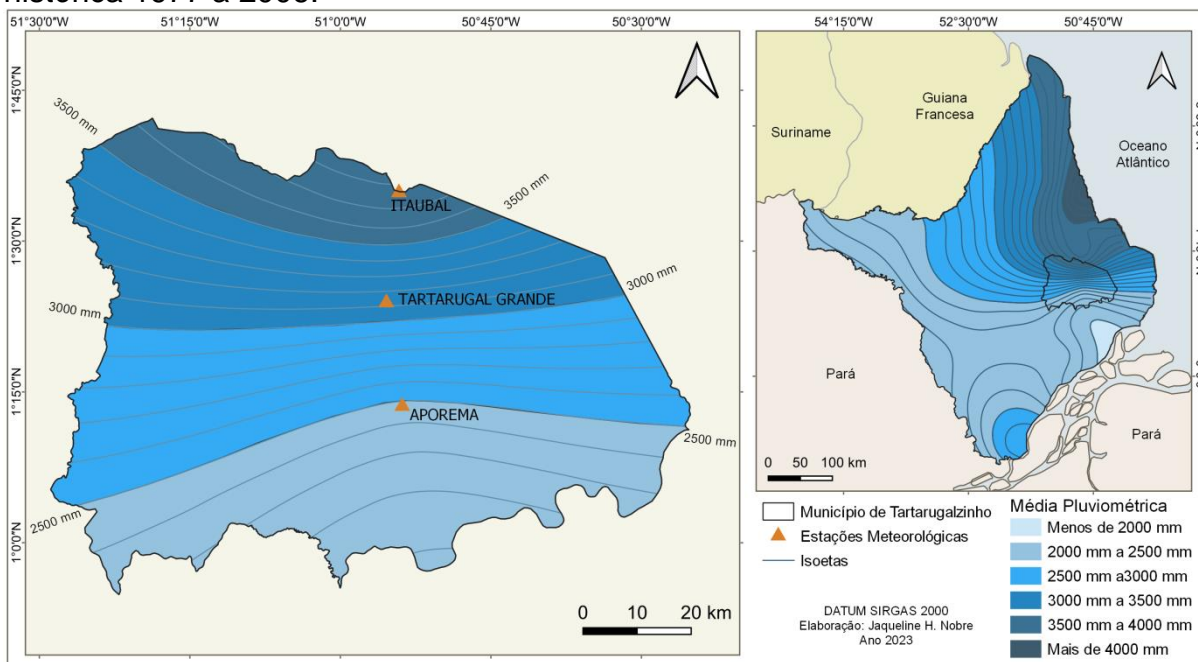
Neste segmento, os dados das séries temporais referentes à precipitação pluviométrica, desmatamento e focos de calor são expostos, com o propósito de evidenciar as informações que serão empregadas na seção subsequente para a análise estatística.

5.2.1. Precipitação Pluviométrica

O município de Tartarugalzinho apresentar uma característica peculiar em relação à precipitação. Localizado em uma região que abrange quatro das seis

variações médias anuais de precipitação do estado do Amapá, que variam de 2000mm a 4000mm (INMET, 2005), esse cenário oferece uma ampla gama de condições climáticas. Para monitorar e analisar essas variações, o município conta com três estações pluviométricas estrategicamente localizadas: Itaubal, Tartarugal Grande e Aporema, de acordo com a Figura 9.

Figura 9. Mapa de Localização das Estações Meteorológica no município de Tartarugalzinho e a variação pluviométrica do estado do Amapá para a série histórica 1977 a 2006.



Fonte: Adaptado da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN)

Essas estações fornecem dados importantes sobre a quantidade de chuva recebida em cada área, permitindo uma compreensão mais detalhada da distribuição espacial e temporal da precipitação em Tartarugalzinho. Mas os dados das estações possuem falhas de informações e para preenchê-las foram utilizadas as médias mensais do histórico globais da estação.

Dessa forma, o período que atende ao preenchimento de falha para estação Itaubal do Amapá (8151000) é de 1984 a 2022, Tartarugal Grande (8150001) é de 1997 a 2022 e Aporema (8150000) é de 1975 a 2022. Nas Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os dados mensais e anuais para o período de 2001 a 2022 para cada estação pluviométrica com os preenchimentos realizados.

Na Tabela 3 são identificadas as maiores precipitações totais anuais até o ano de 2010 que variam de 3.905,4mm a 7.461,1mm. A partir de 2011 as

precipitações anuais variam de 1.668,5mm a 3.213,9mm demonstrando considerável queda de precipitação total anual na estação pluviométrica Itaupal do Amapá.

Tabela 3. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Itaupal do Amapá (8151000) para o período de 2001 a 2022.

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2001	756,7	715,7	641,3	588,5	382,7	291,5	192,6	138,5	79,0	35,1	34,0	49,8	3905,4
2002	305,9	556,7	774,4	626,0	718,4	492,3	182,9	204,6	8,5	5,3	67,4	389,5	4331,9
2003	718,7	845,7	428,4	1178,6	521,0	540,2	340,5	73,6	129,2	11,5	180,5	130,4	5098,3
2004	477,6	551,8	771,2	642,0	664,5	411,3	275,8	113,5	161,5	47,0	76,1	20,1	4212,4
2005	348,6	554,6	780,2	738,6	584,0	138,7	185,0	63,7	11,9	15,1	190,2	523,8	4134,4
2006	555,8	491,3	560,8	476,4	578,6	624,9	193,6	91,0	45,4	56,3	182,7	295,4	4152,2
2007	537,1	391,2	1223,9	1216,1	703,8	421,7	378,9	279,7	105,6	602,9	657,0	638,2	7156,1
2008	657,4	499,5	718,1	674,7	708,8	290,2	444,6	286,9	92,7	112,1	87,5	581,2	5153,7
2009	1500,2	1402,3	981,6	591,6	456,8	728,8	640,9	290,2	190,5	100,7	18,2	512,0	7413,8
2010	622,0	762,1	960,9	791,2	456,8	824,4	296,2	53,7	73,3	57,9	140,8	253,5	5292,8
2011	169,7	457,2	363,1	454,3	394,4	249,4	184,2	100,7	27,0	14,3	26,9	43,3	2484,5
2012	516,1	512,3	597,4	444,6	292,5	188,5	93,7	103,5	7,1	15,5	60,8	363,9	3195,9
2013	466,4	426,7	385,8	214,1	254,1	245,0	183,1	28,7	24,6	4,6	58,9	166,2	2458,2
2014	323,5	249,6	512,8	368,6	293,8	415,1	209,3	12,4	4,5	2,8	134,9	75,6	2602,9
2015	213,6	187,2	322,1	592,4	110,7	165,0	191,3	18,0	1,4	2,5	2,1	63,5	1869,8
2016	90,9	215,8	337,5	265,8	395,9	166,3	74,1	44,1	7,0	6,0	29,0	36,1	1668,5
2017	427,7	173,7	347,1	262,2	181,9	38,6	73,8	2,6	5,8	15,8	10,0	261,2	1800,4
2018	274,4	283,7	597,4	566,5	300,7	191,1	55,1	20,6	44,0	20,1	8,2	80,6	2442,4
2019	73,6	286,9	434,6	416,1	212,4	55,2	101,1	20,5	1,3	0,5	153,2	243,0	1998,4
2020	287,7	252,7	441,5	556,6	408,3	202,4	56,4	47,7	29,9	5,6	168,3	206,6	2663,7
2021	324,3	271,4	308,6	231,8	294,2	241,1	63,9	44,2	13,7	1,3	12,0	71,8	1878,3
2022	484,2	227,1	483,8	287,6	228,5	96,6	90,9	15,7	43,2	45,4	93,1	253,5	2349,6

Nota: As células lilás representam os meses que foram necessários realizar o preenchimento de falhas realizado pela média do mês do período de 1984 a 2022.

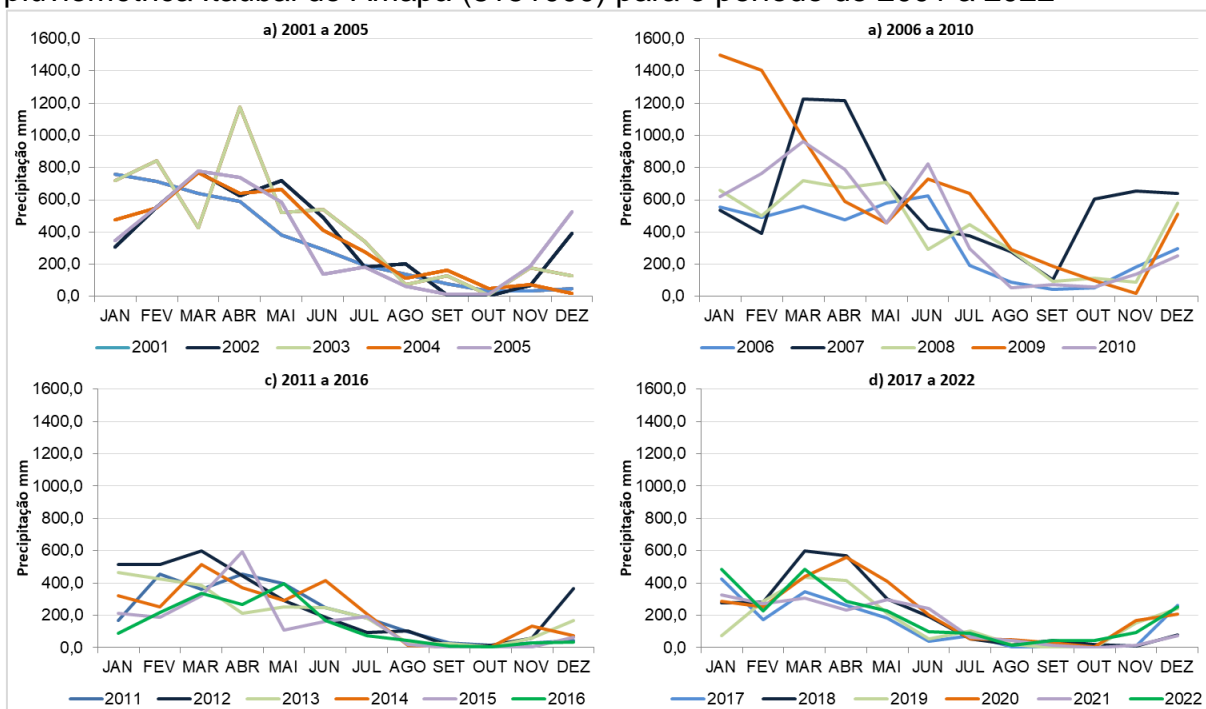
Fonte: Adaptado do Portal Hidro web/ANA.

Os períodos com maiores índices de precipitação ocorreram nos anos de 2007 (7.156,1mm), 2008 (5.153,7mm), 2009 (7.461,1mm) e 2010 (5.346,8mm). É relevante notar que esses anos coincidem com a presença de ocorrência de La Niña Forte, com exceção de 2009, conforme demonstra a Tabela 3. Fenômeno climático conhecido por influenciar significativamente as condições atmosféricas e oceanográficas em diferentes regiões do planeta.

Entretanto, os anos de menor registro anual de precipitação foram 2015 (1.869,8mm), 2016 (1.668,5mm) e 2017 (1.800,4mm). Curiosamente, esses períodos coincidem com a ocorrência de El Niño de intensidade Muito Forte, com exceção de 2007.

Os dados apresentados na Tabela 3 foram representados graficamente na Figura 10, permitindo assim a observação do padrão mensal de precipitação. A análise revela que os níveis mais elevados de precipitação ocorrem de dezembro a junho, com uma diminuição gradual nos meses de junho e julho, em seguida por um período de escassez hídrica mais pronunciada nos meses de agosto a novembro.

Figura 10. Gráfico de demonstração da Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Itaubal do Amapá (8151000) para o período de 2001 a 2022



Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

Observa-se uma diminuição na precipitação mensal a partir de 2011, conforme ilustrado nas Figuras 10c e 10d. Nos meses de maior precipitação (dezembro a maio), nota-se que a quantidade fica abaixo de 600 mm, ao passo que em anos anteriores (Figura 10a e 10b), a precipitação nos mesmos meses permanecia abaixo de 1200mm.

Ao analisar a estação pluviométrica Tartarugal Grande (código 8150001), exposta na Tabela 4, observa-se um comportamento inverso em relação à estação pluviométrica Itaubal do Amapá discutida anteriormente. Os dados anuais informam que, nos anos iniciais da série histórica (2001 a 2005) e nos anos finais (2017 a 2021), ocorreram as maiores precipitações, enquanto houve certa estabilidade nos anos intermediários de 2006 a 2016.

É importante destacar que esse comportamento não parece ter uma relação direta com a ocorrência de El Niño e La Niña.

Tabela 4. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2001 a 2022.

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2001	754,3	344,7	642,5	482,8	528,3	598,1	291,9	105,0	64,0	116,8	94,7	180,4	4203,5
2002	607,3	678,7	671,3	1032,6	397,6	402,4	89,0	112,7	194,0	9,4	119,6	323,3	4637,9
2003	844,5	1067,2	311,4	731,2	529,4	94,7	185,3	76,4	155,1	34,1	134,4	311,5	4475,2
2004	257,9	465,9	653,1	457,0	401,5	191,4	172,9	165,8	21,9	5,4	1,2	34,9	2828,9
2005	211,4	526,3	470,6	905,7	223,3	152,6	114,3	162,2	11,1	168,0	144,2	389,6	3479,3
2006	254,3	366,4	520,9	447,4	443,3	114,1	62,3	80,4	38,2	17,6	80,9	362,5	2788,3
2007	274,1	240,0	643,3	485,4	297,1	317,0	196,1	167,6	16,2	12,3	39,7	170,7	2859,5
2008	390,1	351,2	373,2	503,6	338,1	280,2	176,9	132,5	6,0	11,2	80,9	203,7	2847,6
2009	256,3	424,4	287,6	200,3	378,7	324,0	106,4	18,7	0,0	28,1	0,0	321,7	2346,2
2010	362,3	409,1	301,5	348,7	175,1	149,3	213,4	109,8	3,7	73,5	80,9	0,0	2227,3
2011	71,1	569,4	316,8	552,0	512,8	267,4	214,2	122,4	46,2	117,4	23,4	48,3	2861,4
2012	327,4	549,4	379,8	295,8	219,0	144,6	156,9	87,8	23,2	18,8	43,1	68,8	2314,6
2013	386,8	319,7	401,2	294,3	283,3	178,0	234,8	44,3	9,7	35,9	35,9	191,6	2415,5
2014	309,0	453,9	355,7	467,3	537,6	180,6	157,7	85,4	4,9	77,7	25,2	109,9	2764,9
2015	238,8	347,6	538,4	566,6	274,5	179,6	205,8	20,0	0,0	4,2	23,8	81,2	2480,5
2016	410,8	522,7	669,8	480,8	215,2	253,9	42,3	28,6	34,7	11,1	7,2	212,6	2889,7
2017	281,8	503,1	950,4	600,4	315,9	927,6	108,4	0,0	100,5	12,5	0,0	249,5	4050,1
2018	950,1	1094,7	836,6	914,8	790,3	260,8	191,0	80,4	118,0	81,8	277,6	1014,3	6610,4
2019	818,5	626,8	274,7	656,5	684,8	297,7	353,7	4,3	0,0	0,0	155,4	195,4	4067,8
2020	49,0	59,8	545,2	39,7	200,8	290,1	828,3	117,8	258,2	0,0	152,8	90,9	2632,6
2021	418,0	800,8	983,6	402,3	382,8	226,7	85,1	47,4	0,0	0,0	246,0	737,5	4330,2
2022	614,6	512,3	737,9	378,5	290,0	185,7	106,0	7,3	0,0	17,0	92,8	514,9	3457,0

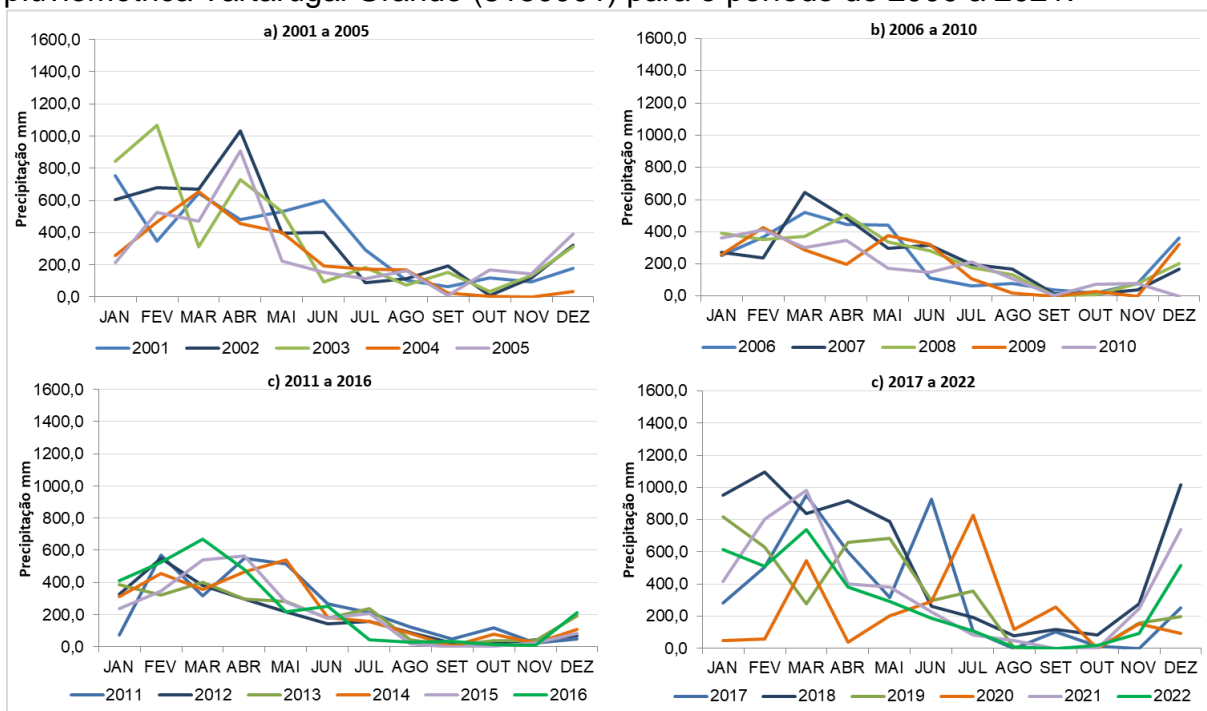
Nota: As células lilás representam os meses que foram necessários realizar o preenchimento de falhas realizado pela média do mês do período de 1997 a 2022.

Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

O comportamento mencionado anteriormente torna-se evidente ao examinar a Figura 11, na qual se destaca que a precipitação mensal é ligeiramente inferior à registrada na estação Itaubal.

Nota-se que nos meses mais chuvosos da estação pluviométrica Tartarugal Grande, a precipitação fica abaixo de 1100 mm, sendo mais pronunciada a variação nas Figuras 11a e 11d. Em contraste, durante o período de 2006 a 2016, há uma variação menos expressiva, conforme evidenciado nas Figuras 11b e 11c.. Entretanto, é relevante destacar que, nesse mesmo período, nos meses de maior precipitação, a quantidade se mantém abaixo de 600 mm.

Figura 11. Gráfico de demonstração da Precipitação mensais e anuais da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2000 a 2021.



Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

Os dados da série histórica da estação pluviométrica APOREMA (código 8150000) estão apresentados na Tabela 5, revelando um padrão de registros de precipitação relativamente constante, com poucas variações, exceto no ano de 2019. Nesse ano, a precipitação anual foi de 1.706,5 mm, configurando uma baixa em comparação com os demais registros anuais.

No entanto, ao comparar esses registros com as ocorrências de El Niño e La Niña, também não é possível identificar uma relação direta entre a variação anual de precipitação e a incidência dos eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Isso sugere que outros fatores climáticos e meteorológicos podem estar influenciando o comportamento da precipitação nessa região, além dos fenômenos ENOS.

Cabe ressaltar, dentre as estações pluviométricas investigadas neste estudo, a estação APOREMA se destaca por ser a mais antiga, operando desde 1975, e apresentando maior estabilidade nos registros, ou seja, com menor ocorrência de falhas nos dados.

Tabela 5. Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Aporema (8150000) para o período de 2001 a 2022.

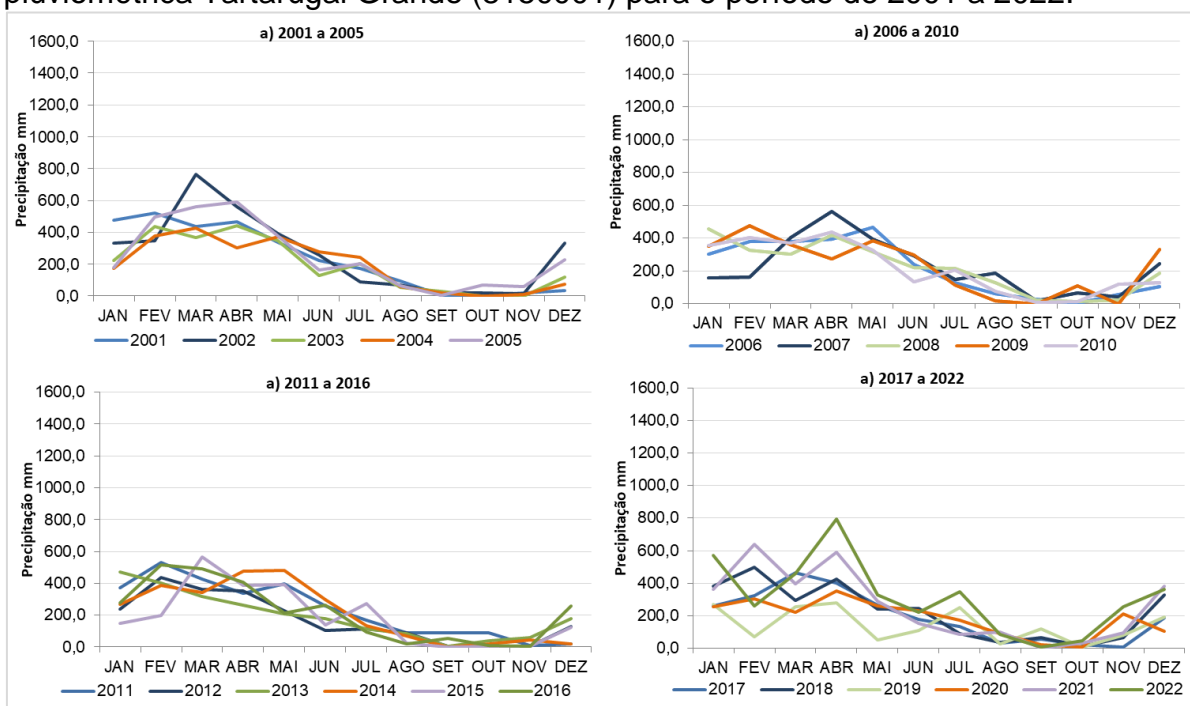
ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2001	476,1	521,4	435,0	464,9	338,2	223,3	172,8	93,9	4,7	2,9	20,8	34,2	2.788,2
2002	329,7	346,5	763,7	561,7	391,1	257,5	90,2	68,6	17,2	17,3	14,4	329,8	3.187,7
2003	225,1	434,1	364,9	439,6	348,7	127,8	205,2	51,8	26,9	0,0	1,8	121,1	2.347,0
2004	173,6	379,1	424,4	301,6	371,2	277,7	244,9	58,2	18,1	1,0	9,1	73,3	2.332,2
2005	176,2	496,1	562,3	588,2	374,4	163,0	204,3	62,1	2,6	67,3	58,5	226,8	2.981,8
2006	303,1	378,2	376,9	392,8	465,3	238,5	130,1	62,6	27,5	4,5	55,8	103,4	2.538,7
2007	157,0	159,9	402,1	561,5	393,1	292,8	149,6	186,5	16,4	66,1	40,5	243,2	2.668,7
2008	456,1	323,9	300,4	419,6	317,3	220,5	216,7	130,1	21,1	11,4	23,6	184,9	2.625,6
2009	351,9	476,0	358,2	274,6	381,5	299,0	113,1	15,6	0,0	108,2	0,0	330,9	2.709,0
2010	357,0	401,5	368,0	436,6	323,7	133,7	202,9	76,0	8,9	10,6	118,1	126,5	2.563,5
2011	371,0	529,0	428,4	336,0	397,7	257,2	167,7	90,9	91,1	87,5	11,1	19,3	2.786,9
2012	237,6	437,6	361,6	350,7	226,4	103,1	114,7	88,0	6,1	0,8	5,8	128,8	2.061,2
2013	469,6	400,4	318,2	263,4	205,7	178,0	114,5	84,4	2,9	39,2	60,7	176,7	2.313,7
2014	265,4	387,5	341,8	474,3	480,8	295,1	134,3	71,3	0,0	20,7	42,2	19,5	2.532,9
2015	149,4	199,2	566,2	386,9	393,5	137,9	274,2	24,1	0,0	4,1	2,8	121,9	2.260,2
2016	277,6	517,2	492,4	408,8	211,7	260,5	94,4	17,9	54,4	9,6	5,9	258,1	2.608,5
2017	259,5	324,8	464,5	403,3	263,2	177,2	132,7	33,2	56,9	24,2	8,4	186,9	2.334,8
2018	381,2	497,1	295,6	423,1	240,9	245,8	87,7	35,7	66,5	11,6	63,8	328,7	2.677,7
2019	271,5	70,9	257,0	277,9	49,5	108,3	248,1	24,9	119,4	9,2	78,7	191,1	1.706,5
2020	255,6	305,5	220,1	350,6	261,7	232,3	174,4	91,5	23,4	6,6	209,8	102,7	2.234,2
2021	361,9	639,3	397,7	592,1	291,6	153,7	86,4	98,1	1,0	29,3	97,2	381,4	3.129,7
2022	572,5	259,2	458,1	796,9	329,1	220,9	346,9	83,4	5,7	43,8	256,6	364,2	3.737,3

Nota: As células lilás representam os meses que foram necessários realizar o preenchimento de falhas realizado pela média do mês do período de 1975 a 2022.

Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

A confirmação da estabilidade nos registros de recepção, conforme apresentação na Tabela 5, também é evidenciada na Figura 12. Os dados evidenciam que nos primeiros anos da série histórica (2001 a 2005), nos meses de maior precipitação de dezembro a maio, houve uma modesta maior precipitação, principalmente em março de 2002 (763,7 mm). Entretanto, chama a atenção que no ano de 2019, a linha de registro mensal não segue o padrão dos anos anteriores, no qual se observava redução na precipitação em fevereiro (70,9mm) e maio (49,5mm) quando deveria haver ascensão de precipitação. Ocasionalmente um comportamento incomum no gráfico de precipitação mensal.

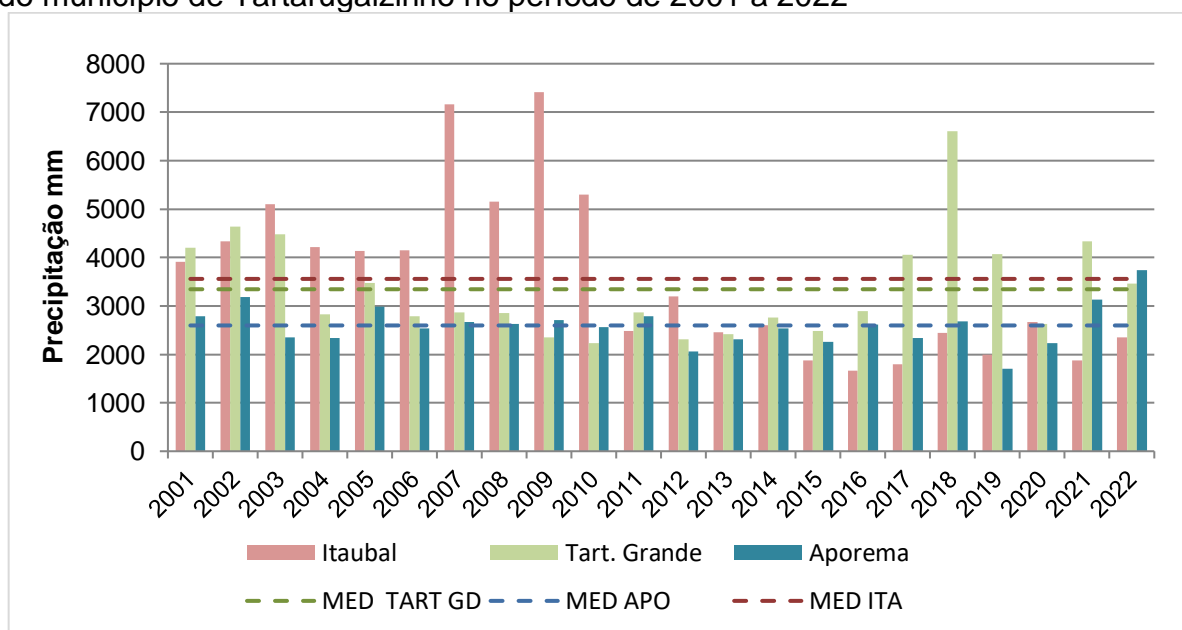
Figura 12. Gráfico de demonstração da Precipitação mensal e anual da estação pluviométrica Tartarugal Grande (8150001) para o período de 2001 a 2022.



Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

Ao comparar a precipitação anual das três estações pluviométricas, Itaúbal do Amapá, Tartarugal Grande e Aporema, como mostrado na Figura 13, observe-se que a estação Itaúbal registrou a maior precipitação anual nos anos de 2007 a 2010, com considerável redução nos anos seguintes.

Figura 13. Gráfico de Precipitação anual e as médias das Estações Pluviométricas do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022



Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

Em seguida, a estação Tartarugal Grande apresentou a segunda maior precipitação anual até 2011 e, a partir de 2012, passou a liderar os totais de precipitação entre as estações. Por outro lado, a estação Aporema manteve uma estabilidade nos dados totais anuais de precipitação ao longo do período analisados, não demonstrando grandes variações em seus registros.

Ao examinar as médias das estações, observa-se uma ordenação decrescente dos valores médios de precipitação anual. A estação de Itaúbal apresenta a maior média, alcançando 3.557,4 mm, seguida pela estação Tartarugal Grande, com 3.344,0 mm, e, por fim, a estação Aporema, que registra uma média anual de precipitação de 2.596,6 mm, conforme representado na Figura 13.

Diante da necessidade de compreender as condições climáticas do município de Tartarugalzinho, foi elaborada a Tabela 6, que apresenta as médias mensais e anuais da precipitação pluviométrica das estações localizadas no município. Esses dados são cruciais para uma análise mais abrangente sobre o comportamento pluviométrico na região.

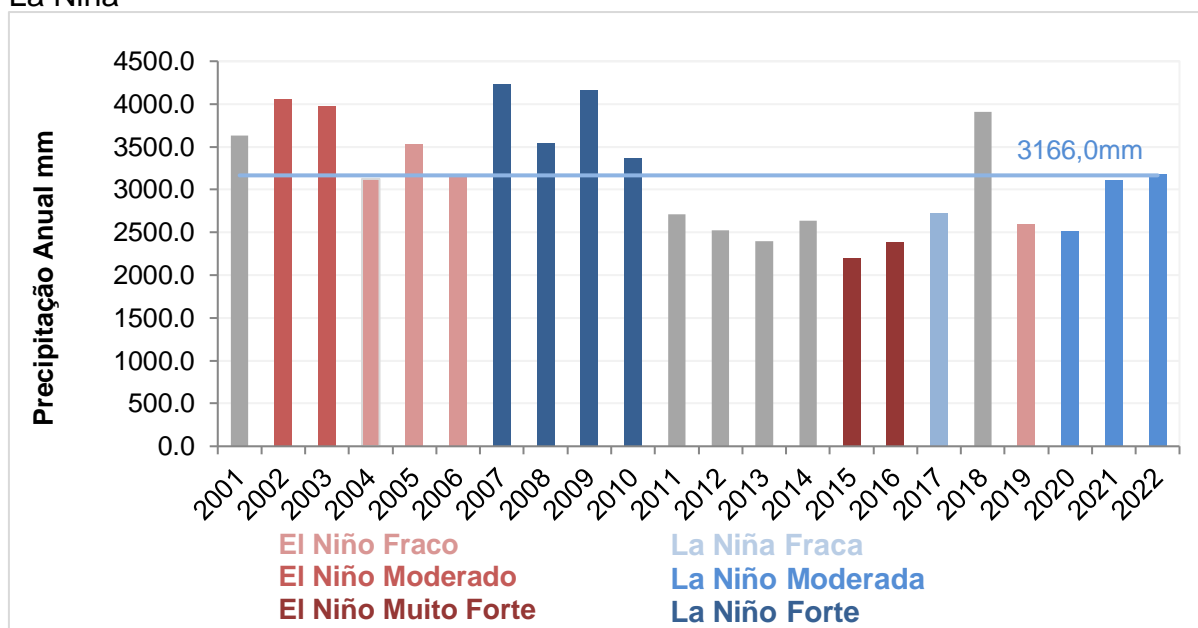
Tabela 6. Média da precipitação mensal e anual das estações pluviométricas Itaúbal, Tartarugal Grande e Aporema para o período de 2001 a 2022.

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2001	662,4	527,3	572,9	512,1	416,4	371,0	219,1	112,5	49,2	51,6	49,8	88,1	3632,4
2002	414,3	527,3	736,5	740,1	502,4	384,1	120,7	128,6	73,2	10,7	67,1	347,5	4052,5
2003	596,1	782,3	368,2	783,1	466,4	254,2	243,7	67,3	103,7	15,2	105,6	187,7	3973,5
2004	303,0	465,6	616,2	466,9	479,1	293,5	231,2	112,5	67,2	17,8	28,8	42,8	3124,5
2005	245,4	525,7	604,4	744,2	393,9	151,4	167,9	96,0	8,5	83,5	131,0	380,1	3531,8
2006	371,1	412,0	486,2	438,9	495,7	325,8	128,7	78,0	37,0	26,1	106,5	253,8	3159,7
2007	322,7	263,7	756,4	754,3	464,7	343,8	241,5	211,3	46,1	227,1	245,7	350,7	4228,1
2008	501,2	391,5	463,9	532,6	454,7	263,6	279,4	183,2	39,9	44,9	64,0	323,3	3542,3
2009	702,8	767,6	542,5	355,5	405,7	450,6	286,8	108,2	63,5	79,0	6,1	388,2	4156,3
2010	447,1	524,2	543,5	525,5	318,5	369,1	237,5	79,8	28,6	47,3	113,3	126,7	3361,2
2011	203,9	518,5	369,4	447,4	435,0	258,0	188,7	104,7	54,8	73,1	20,5	37,0	2710,9
2012	360,4	499,8	446,3	363,7	246,0	145,4	121,8	93,1	12,1	11,7	36,6	187,2	2523,9
2013	440,9	382,3	368,4	257,3	247,7	200,3	177,5	52,5	12,4	26,6	51,8	178,2	2395,8
2014	299,3	363,7	403,4	436,7	437,4	296,9	167,1	56,4	3,1	33,7	67,4	68,3	2633,6
2015	200,6	244,7	475,6	515,3	259,6	160,8	223,8	20,7	0,5	3,6	9,6	88,9	2203,5
2016	259,8	418,6	499,9	385,1	274,3	226,9	70,3	30,2	32,0	8,9	14,0	168,9	2388,9
2017	323,0	333,9	587,3	422,0	253,7	381,1	105,0	11,9	54,4	17,5	6,1	232,5	2728,4
2018	535,2	625,2	576,5	634,8	444,0	232,6	111,3	45,6	76,2	37,8	116,5	474,5	3910,2
2019	387,9	328,2	322,1	450,2	315,6	153,7	234,3	16,6	40,2	3,2	129,1	209,8	2590,9
2020	197,4	206,0	402,3	315,6	290,3	241,6	353,0	85,7	103,8	4,1	177,0	133,4	2510,2
2021	368,1	570,5	563,3	408,7	322,9	207,2	78,5	63,2	4,9	10,2	118,4	396,9	3112,7
2022	557,1	332,9	559,9	487,7	282,5	167,7	181,3	35,5	16,3	35,4	147,5	377,5	3181,3

Fonte: Adaptado do Portal HIDROWEB/ANA.

Os dados apresentados na Tabela 6 constituem a base essencial para a análise estatística na seção 5.3. Na Figura 14, são apresentados os dados médios anuais em relação aos eventos de ENOS. Inicialmente, ressaltamos que a média de precipitação é de 3.166,0mm. Nota-se que os registros mais elevados de precipitação coincidem com períodos de La Niña forte, anos de 2007 a 2010, ao passo que as precipitações mais baixas ocorrem durante episódios de El Niño muito forte, anos de 2015 e 2016.

Figura 14. Gráfico da precipitação média anual relacionada a ocorrência do El Niño e La Niña



Fonte: Adaptado do Portal Hidro web/ANA.

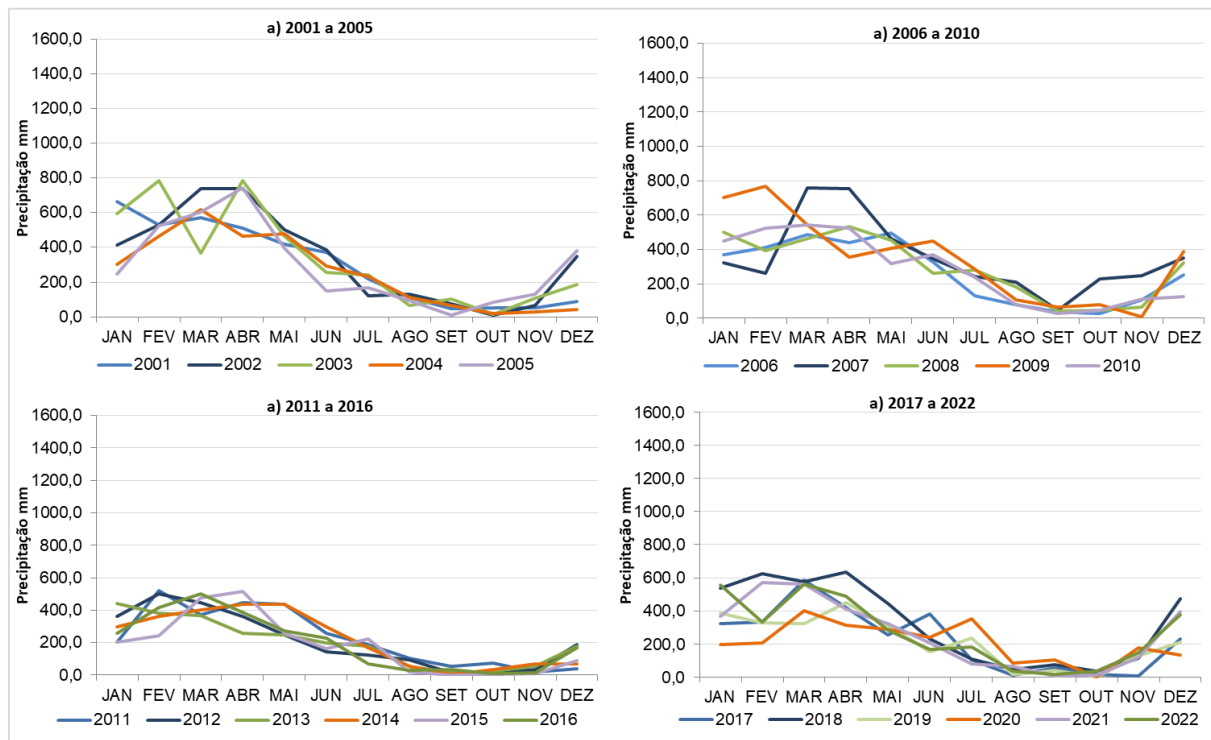
Contudo, ao examinar a Figura 14 a partir de 2011, à exceção de 2018, as precipitações médias anuais permanecem abaixo da média histórica, mesmo nos anos marcados pela ocorrência de La Niña moderada, no período de 2020 a 2022.

A situação destacada torna-se clara ao examinar a Figura 15, na qual o gráfico apresenta as médias mensais de precipitação nas estações pluviométricas de Tartarugalzinho. Este gráfico evidencia uma redução significativa na precipitação a partir de 2011, especialmente notável nos meses de janeiro a maio, onde a quantidade fica consistentemente abaixo de 600 mm.

Estudos analisam o impacto na precipitação, sugerindo que essa alteração está associada à ocorrência dos eventos El Niño e La Niña. Os fenômenos climáticos, conhecidos como ENOS, influenciam a dinâmica climática na região

amazônica, resultando em alterações notáveis nos padrões de chuvas máximas diárias.

Figura 15. Gráfico de demonstração da média de precipitação mensal e anual das estações pluviométricas no município de Tartarugalzinho para o período de 2001 a 2022.



Fonte: Adaptado do Portal Hidro web/ANA.

Durante o evento do El Niño de 2015/2016, o estado do Amapá experimentou condições climáticas extremas, com seca na Amazônia oriental e inundações na Amazônia ocidental, afetando significativamente a pluviosidade na região (Jiménez-Muñoz et al., 2016). Felix Neto et al. (2021) indica que a intensidade do El Niño contribuiu para essa diminuição acentuada nas precipitações. Análises de Cunha et al. (2018) sobre os processos evaporativos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari destacam diminuição nos valores de evapotranspiração real (ETR) na região Norte do Amapá, variando entre 1.200 e 1.250 mm, enquanto na direção Sul, especialmente na região Sudeste, os valores foram mais altos, alcançando 1.400 a 1.450 mm ao longo do ano de 2015.

O ano em que prevaleceu o evento La Niña no estado do Amapá foi registrado entre 2007 e 2008, conforme mencionado por Neves (2012). Durante esse período, foram observadas anomalias positivas de precipitação, indicando chuvas acima da média, principalmente na porção centro-leste do estado. Essa influência foi particularmente significativa nas sub-bacias hidrográficas do Amapari e

na bacia hidrográfica complementar do Araguari, abrangendo áreas como Serra do Navio, Porto Grande, Ferreira Gomes, Aporema, Amapá, e a faixa litorânea desde o Cunani até o Bailique.

5.2.2. Desmatamento

O monitoramento do desmatamento em Tartarugalzinho é crucial, considerando a extensão registrada até o ano 2000, o que coloca o município como o quarto com maior índice de desmatamento no estado do Amapá. Entre os anos de 2001 e 2002, passou para a quinta posição nesse ranking, mas a partir de 2003, permaneceu até o momento com a terceira posição, entre os municípios com maior extensão de desmatamento no Amapá, de acordo com os dados do INPE (2023). Esses dados destacam a importância de manter uma vigilância constante sobre as mudanças no uso da terra nessa região e a necessidade imperativa de implementar estratégias eficazes de conservação e controle.

Para compreensão mais aprofundada da situação do desmatamento em Tartarugalzinho em comparação com o estado do Amapá, é proveitoso examinar os dados apresentados na Tabela 7. Essa tabela oferece informações sobre a extensão do desmatamento e sua variação, destacando também a porcentagem do aumento do desmatamento em Tartarugalzinho em relação ao total do Amapá.

Tabela 7. Desmatamento anual do Amapá e o incremento de desmatamento do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022

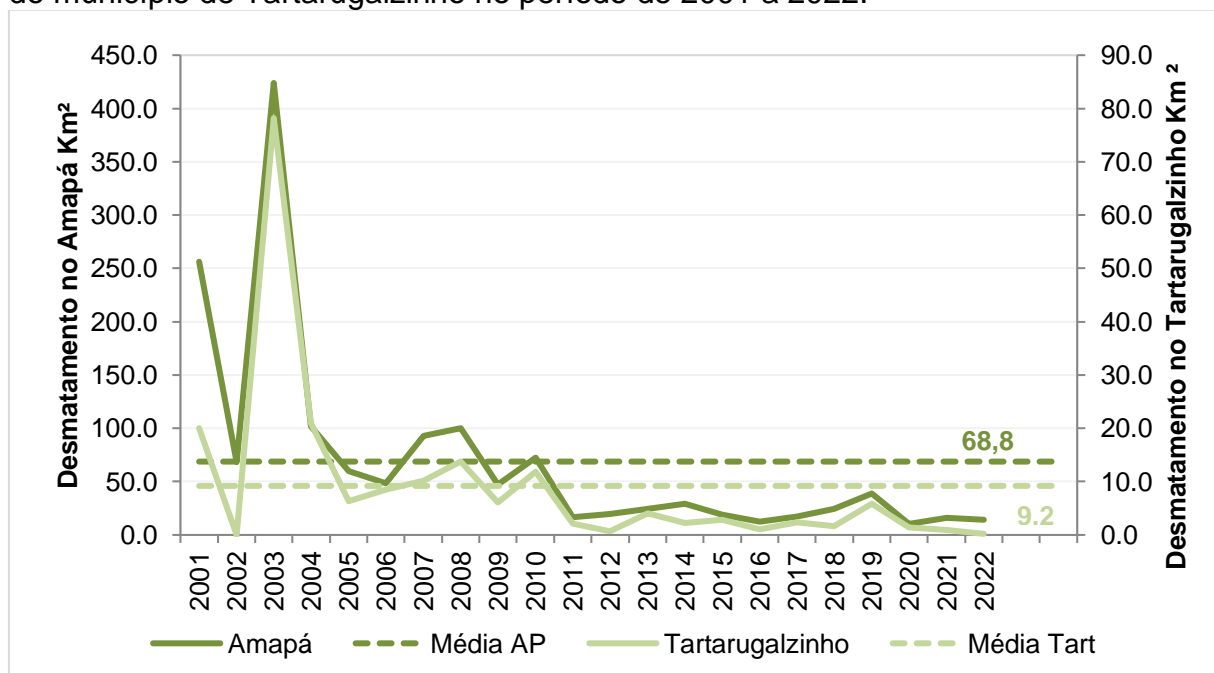
Ano	Amapá		Tartarugalzinho		
	Área Desmatada (km ²)	Área Incremento desmatamento (km ²)	Área Desmatada (km ²)	Área Incremento desmatamento (km ²)	%
2001	1898,83	256,53	154,59	20,79	8,1
2002	1966,96	68,13	154,59	0,00	0,0
2003	2390,88	423,92	232,80	78,21	18,4
2004	2492,53	101,65	253,82	21,02	20,7
2005	2552,42	59,89	260,13	6,31	10,5
2006	2600,75	48,33	268,58	8,45	17,5
2007	2693,41	92,66	278,74	10,16	11,0
2008	2793,33	99,92	292,46	13,72	13,7
2009	2840,79	47,46	298,52	6,06	12,8
2010	2913,03	72,24	310,37	11,85	16,4
2011	2929,65	16,62	312,49	2,12	12,8
2012	2949,10	19,45	313,17	0,68	3,5
2013	2973,34	24,24	317,21	4,04	16,7
2014	3002,46	29,12	319,47	2,26	7,8
2015	3021,57	19,11	322,36	2,89	15,1

Ano	Amapá		Tartarugalzinho		
	Área Desmatada (km ²)	Área Incremento desmatamento (km ²)	Área Desmatada (km ²)	Área Incremento desmatamento (km ²)	%
2015	3021,57	19,11	322,36	2,89	15,1
2016	3033,98	12,41	323,46	1,10	8,9
2017	3051,25	17,27	325,87	2,41	14,0
2018	3075,82	24,57	327,56	1,69	6,9
2019	3114,88	39,06	333,45	5,89	15,1
2020	3125,22	10,34	334,83	1,38	13,3
2021	3141,31	16,09	335,71	0,88	5,5
2022	3155,38	14,07	335,87	0,16	1,1
Total		1513,08		202,07	

Fonte: PRODES (2023).

A comparação discutida na Tabela 7 é igualmente evidente na Figura 16, a qual ilustra a sobreposição dos dados da área de incremento de desmatamento do estado do Amapá com os dados correspondentes ao município de Tartarugalzinho, ajustados à escala. A análise demonstra que o padrão de desmatamento em Tartarugalzinho acompanha uma tendência semelhante àquela observada no estado do Amapá. Até 2010, os níveis estão acima da média histórica, mas a partir de 2011, eles se situam abaixo.

Figura 16. Gráfico da área de incremento do desmatamento do estado do Amapá e do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.



Fonte: PRODES/INPE (2023).

Portanto, durante o período de 2001 a 2010, nota-se que o estado do Amapá registrou as taxas mais elevadas de aumento no desmatamento. Especificamente

em 2003, houve um acréscimo de 423,92 km² na área de incremento de desmatamento, representando um aumento de 21,6% em relação ao incremento do desmatamento do estado do Amapá em 2002.

Nesse contexto, torna-se evidente que essa tendência também se refletiu no município de Tartarugalzinho, que apresentou uma taxa considerável de desmatamento, totalizando 78,2 km². Isso equivale a 50,6% do aumento do desmatamento no município em 2003 em comparação com a extensão desmatada em 2002. Essa tendência pode ser explicada pelo início das discussões sobre a introdução da soja na sociedade amapaense, onde se avaliava a viabilidade técnica e econômica do cultivo de grãos, especialmente soja, no estado (Lima et al., 2022).

Em Tartarugalzinho a expansão da atividade agrícola cresceu a partir da agricultura empresarial e pela presença de assentamentos de reforma agrária, onde se destacou ao apresentar uma área de cultivo três vezes maior em comparação com aos municípios de Macapá e Itaubal (Lima et al., 2022).

Por outro lado, o período de 2011 a 2021 mostra uma tendência de redução nas taxas de desmatamento no Amapá e conseqüentemente do município de Tartarugalzinho. Embora tenha sofrido variações de ano para ano, as taxas de desmatamento geralmente permaneceram em níveis mais baixos do que as observadas no período anterior.

Segundo Rauber (2019) essa diminuição das taxas de desmatamento está intrinsecamente ligada a consolidação do desmatamento de corte raso nas áreas já ocupadas pelos assentamentos rurais, reduzindo a necessidade de expansão para novas áreas. Além disso, não foram criados novos assentamentos rurais durante esse período, o que contribuiu para estabilizar as taxas de desmatamento. A criação da FLOTA (Floresta Estadual), uma unidade de conservação de uso sustentável estadual, que abrange uma área de mais de 2 milhões de hectares na unidade de paisagem Floresta.

5.2.3. Focos de Calor

Ao longo das últimas duas décadas, os crescentes focos de calor registrados no município de Tartarugalzinho têm suscitado uma preocupação cada vez maior. A incidência de incêndios e queimadas na região tem captado a atenção das autoridades ambientais e das comunidades locais, dada a potencial capacidade

desses eventos em causar danos ao ecossistema local, à biodiversidade e à qualidade do ar.

A Tabela 8 apresenta os registros de focos de calor no município de Tartarugalzinho entre os anos 2001 e 2022. Os dados mostram uma tendência consistente em que a incidência de focos de calor se inicia a partir do mês de agosto na maioria dos anos analisados. Contudo, o ponto de maior intensidade ocorre no mês de novembro, revelando a presença do maior número de focos de calor durante esse período em comparação com os demais meses do ano.

Tabela 8. Ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2001	0	0	0	0	0	0	0	6	22	29	117	70	244
2002	0	0	0	0	0	0	0	9	37	43	146	47	282
2003	0	0	0	0	0	1	0	6	27	79	146	86	345
2004	0	0	0	0	0	0	2	2	30	70	166	83	353
2005	15	0	0	0	0	0	0	0	35	35	130	6	221
2006	0	0	0	0	0	0	0	6	58	104	99	35	302
2007	0	0	0	0	0	0	1	0	27	64	100	4	196
2008	0	0	0	0	0	1	2	0	43	78	153	11	288
2009	1	0	0	0	0	0	1	10	49	91	82	0	234
2010	0	0	0	0	0	0	0	1	24	58	48	2	133
2011	0	0	0	0	2	0	0	3	52	58	61	60	236
2012	0	2	0	0	1	0	0	2	43	70	77	53	248
2013	0	0	0	0	0	0	0	2	39	42	92	18	193
2014	2	0	0	0	0	0	4	2	60	60	68	50	246
2015	3	0	0	0	0	0	0	2	51	83	178	23	340
2016	1	0	0	0	1	0	0	9	23	62	84	16	196
2017	0	0	0	1	0	0	0	6	16	25	79	50	177
2018	0	0	0	0	0	0	2	10	23	75	49	0	159
2019	0	0	0	0	0	0	2	7	51	76	41	6	183
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	6	64	2	6	78
2021	0	0	0	0	0	2	1	9	35	52	15	0	114
2022	0	1	0	0	1	1	0	7	39	75	6	1	131

Fonte: BD queimadas (INPE).

Ao compara os dados anuais de focos de calor com os eventos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), podemos observar uma compreensão significativa. Os anos que apresentaram os registros mais elevados de focos de calor se alinharam com a presença de eventos do El Niño, tais como 2003 (moderado), 2004 e 2006 (fraco) e

2015 (muito forte). Contrariamente, períodos de ocorrência de La Niña, como em e 2020 (moderado), coincidem com registros reduzidos de focos de calor.

Entretanto, um fenômeno interessante surgiu nos anos 2009 e 2010, quando ambos apresentaram a presença de um El Niño de intensidade moderada. No entanto, o que distingue esses dois anos foi a interação com o evento La Niña. No ano de 2009, um La Niña de intensidade fraca coincidiu com o El Niño moderado, levando a um aumento significativo nos registros de focos de calor. Curiosamente, em contraste, o ano de 2010 registrou um El Niño de intensidade moderadamente acompanhado por um La Niña mais forte, seguido em um menor número de focos de calor.

Conforme relatado por Nascimento et al. (2023), a predominância dos focos de queimada nesta região está relacionada ao avanço da expansão agrícola e ao desmatamento ao longo das rodovias. A pecuária e a agricultura são os principais meios de desenvolvimento econômico na área, sendo práticas que, de maneira antiquada, dependem do uso do fogo como meio de limpeza do local para realizar o manejo.

No entanto, estudos sobre a variabilidade climática na bacia amazônica durante eventos de ENOS (Santos; Satyamurty; Santos, 2012; Santos et al., 2014) indicam que, durante um El Niño moderado, a precipitação tende a ser inferior ao normal, tornando a vegetação mais suscetível a queimadas, sejam elas naturais ou não intencionais. Essa diminuição nos níveis de precipitação, causando episódios de estiagem, está associada a um aumento na ocorrência de focos de calor na região (Nascimento, 2023; Coelho et al., 2012). Como no ano 2015 que registrou a ocorrência El Niño de intensidade muito forte, influenciando no aumento dos focos de calor na região com a segunda maior ocorrência, 340 focos de calor.

A Tabela 9 estabelece a relação entre os focos de calor no estado do Amapá e a contribuição específica do município de Tartarugalzinho. Ao analisar a série temporal, observamos que a porção de focos de calor registrados em Tartarugalzinho representa, em média, 13% do total do estado do Amapá. Adicionalmente, o município frequentemente ocupa uma posição entre os quatro primeiros lugares nos anos com maior incidência de focos de calor.

Tabela 9. Relação dos focos de calor do município de Tartarugalzinho com o estado do Amapá.

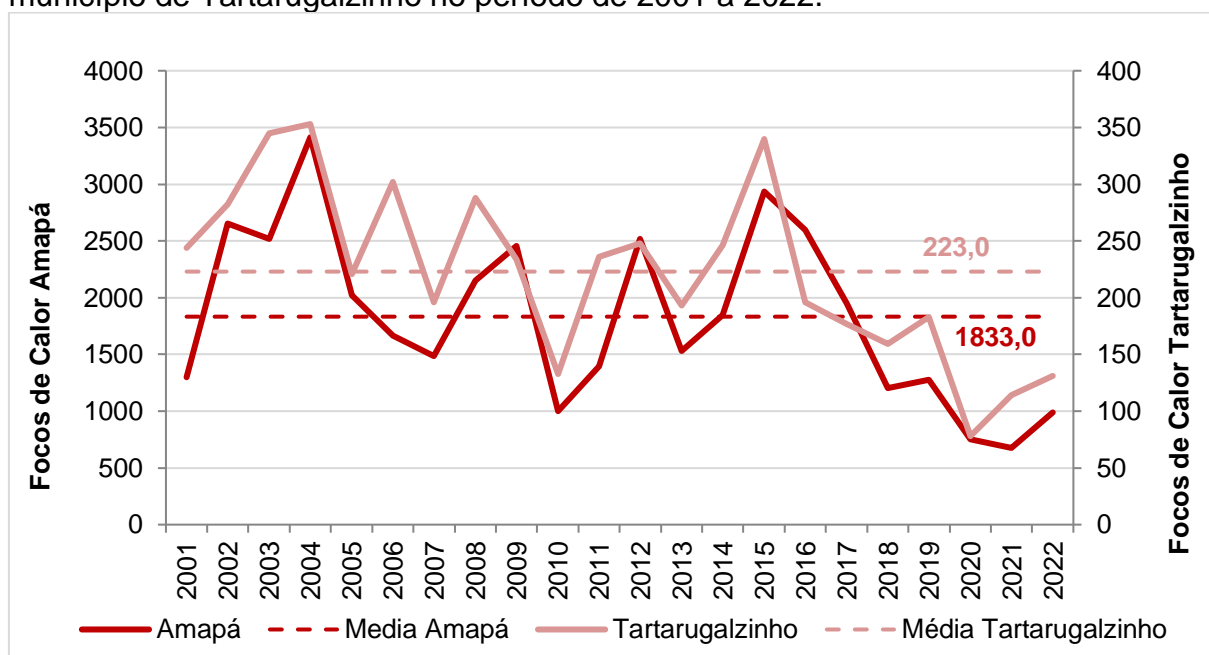
Ano	Amapá	Tartarugalzinho	%	Colocação
2001	1300	244	18,8	2º
2002	2652	282	10,6	2º
2003	2516	345	13,7	1º
2004	3413	353	10,3	4º
2005	2020	221	10,9	4º
2006	1665	302	18,1	1º
2007	1484	196	13,2	2º
2008	2153	288	13,4	3º
2009	2456	234	9,5	5º
2010	1000	133	13,3	3º
2011	1396	236	16,9	2º
2012	2518	248	9,8	5º
2013	1529	193	12,6	4º
2014	1848	246	13,3	1º
2015	2936	340	11,6	3º
2016	2595	196	7,6	6º
2017	1946	177	9,1	4º
2018	1206	159	13,2	2º
2019	1277	183	14,3	3º
2020	750	78	10,4	4º
2021	676	114	16,9	1º
2022	990	131	13,2	4º
Média	1833	223	13	

Fonte: Adaptado com os dados BD queimadas (INPE)

A incidência de focos de calor no município de Tartarugalzinho segue um padrão semelhante ao observado no estado do Amapá. Essa congruência de comportamento é destacada na Figura 17, onde a sobreposição dos padrões do estado do Amapá e de Tartarugalzinho revela uma notável semelhança entre ambos.

Em 2015, houve um notável aumento nos focos de calor, coincidindo com um El Niño de intensidade muito forte, marcando o pico na ocorrência de focos de calor. Posteriormente, os números de focos de calor diminuíram, permanecendo abaixo da média anual. Essa tendência também foi observada no estado do Amapá.

Figura 17. Relação do número de focos de calor do estado do Amapá com o município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.



Fonte: Adaptado com os dados BD queimadas (INPE)

Mas no ano de 2006, observou-se um comportamento divergente. Enquanto no estado do Amapá houve uma diminuição no número de focos de calor com uma tendência decrescente desde 2004, em Tartarugalzinho ocorreu um aumento nos focos de calor em 2006 em comparação com 2005.

Essas análises ressaltam a complexidade dos fatores que contribuem para a ocorrência de focos de calor na região, incluindo práticas agrícolas, eventos climáticos como o El Niño, e possíveis influências locais.

5.3. Análise Estatística Descritiva

A análise estatística descritiva na compreensão da interação entre a precipitação pluviométrica, o desmatamento e a ocorrência de focos de calor ao explorar dados detalhados e mensuráveis ao longo de um período específico, esta análise busca identificar padrões e relações entre variáveis climáticas e ambientais cruciais para o contexto estudado.

Primeiramente, conduziu-se uma análise descritiva dos dados para examinar as variáveis de precipitação, focos de calor e desmatamento no período de 2001 a 2022 no município de Tartarugalzinho. Assim, foram utilizados os dados anuais dessas variáveis, como apresenta a Tabela 10.

Tabela 10. Dados anuais de Precipitação, focos de calor e desmatamento do município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.

Ano	Precipitação (mm)	Focos de calor (nº)	Desmatamento (km²)
2001	3632,4	244,0	20,8
2002	4052,5	282,0	0,0
2003	3973,5	345,0	78,2
2004	3124,5	353,0	21,0
2005	3531,8	221,0	6,3
2006	3159,7	302,0	8,5
2007	4228,1	196,0	10,2
2008	3542,3	288,0	13,7
2009	4156,3	234,0	6,1
2010	3361,2	133,0	11,9
2011	2710,9	236,0	2,1
2012	2523,9	248,0	0,7
2013	2395,8	193,0	4,0
2014	2633,6	246,0	2,3
2015	2203,5	340,0	2,9
2016	2388,9	196,0	1,1
2017	2728,4	177,0	2,4
2018	3910,2	159,0	1,7
2019	2590,9	183,0	5,9
2020	2510,2	78,0	1,4
2021	3112,7	114,0	0,9
2022	3181,3	131,0	0,2
Total	69652,7	4899,0	202,1

Fonte: Adaptado com os dados HIDROWEB (ANA), BD queimadas (INPE) e PRODES.

Os resultados referentes ao processo de análise estatística de medidas de centralidade, sobre a média e mediana, e medidas de variabilidade, e medidas de variabilidade, como desvio padrão e coeficiente de variação, estão exibidos na Tabela 11.

Tabela 11. Estatística descritiva da precipitação, focos de calor e desmatamento no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.

Estatística	Precipitação (mm)	Focos de calor (nº)	Desmatamento (Km²)
Média	3166,0	222,7	9,2
Mediana	3142,1	227,5	3,5
AVT	2024,6	275,0	78,2
Mínimo	2203,5	78,0	0,0
Máximo	4228,1	353,0	78,2
S (mm)	625,8	74,1	16,2
CV (%)	19,8	33,3	176,7

Nota: AVT - amplitude total de variação; S – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

Fonte: os autores.

Na Tabela 11, ao abordar as medidas centrais (média e mediana), observou-se que as médias e medianas de precipitação (3.166,0 e 3.142,1 mm) e focos de calor (222,7 e 227,5) são muito semelhantes, ou seja, são valores próximos. Por outro lado, notou-se uma notável disparidade nos valores de desmatamento, onde a média é significativamente superior, quase triplicando a mediana.

A média, ao representar o ponto central dos dados, é mais suscetível à influência de valores extremos na distribuição. Em contraste, a mediana, ao levar em consideração a ordem das ocorrências, revela-se mais resistente a valores atípicos. Essa diferenciação justifica a disparidade entre a média (9,2 km²) e a mediana (3,6 km²) no contexto do desmatamento.

A disparidade é explicada na Tabela 10, que revela um desmatamento considerável nos anos de 2001 a 2010 em comparação com o restante da série histórica. Essa diferença contribui para o aumento da média. Portanto, podemos concluir que metade dos valores de desmatamento está abaixo de 3,6 km², enquanto a outra metade está acima desse limiar.

Na avaliação da variabilidade, calculamos a Amplitude Total de Variação (AVT), que corresponde à diferença entre os valores extremos, ou seja, o maior valor menos o menor valor (Zavatinni e Boin, 2013). Nesse contexto, a precipitação máxima ocorreu em 2007, atingindo 4428,1 mm, enquanto a precipitação mínima foi registrada em 2015, totalizando 2203,5 mm. A AVT resulta em 2224,6 mm, indicando que a amplitude é quase o dobro em termos de quantidade de chuva. É relevante observar que em 2007 houve um evento forte de La Niña, enquanto em 2015 ocorreu um El Niño muito forte.

O maior número de registros de focos de calor foi observado em 2020, totalizando 345, enquanto a menor ocorrência ocorreu em 2004, com 78 números de focos. A Amplitude Total de Variação (AVT) nesse contexto foi de 267 focos de calor. Vale ressaltar que, embora tenha ocorrido uma La Niña moderada em 2020, e um El Niño fraco em 2004, esses eventos climáticos não apresentam uma justificativa significativa para a disparidade no número de focos de calor entre os dois anos.

No que se refere ao desmatamento, o pico de ocorrência foi registrado em 2003, atingindo 78,1 km², enquanto a menor ocorrência foi de 0,0 km² em 2002, resultando em uma amplitude de 78,1 km². Observa-se que, de forma notável, o ano

com a menor ocorrência foi sucedido pelo ano com o maior desmatamento na série histórica.

Considerando que o desvio padrão representa a variabilidade em relação à média (Gerardi; Silva, 1981), observou-se que essa variação na precipitação está estabelecida em 625,8 mm. No que diz respeito aos focos de calor, o desvio padrão é de 74,1, enquanto para o desmatamento, a variabilidade em relação à média é de 16,2 km².

Entretanto, o coeficiente de variação expressa a variação em relação à média em termos percentuais. Portanto, mesmo que o desvio padrão seja reduzido, isso não implica necessariamente em baixa variabilidade, mas sim em uma variabilidade que pode estar bastante próxima da média (Peres; Torres; Maier, 2018). Zavatini e Boin (2013) sugerem a utilização do coeficiente de variação quando as unidades de medida são discrepantes, visto que ele é uma medida de dispersão relativa.

Assim, os resultados do coeficiente de variação indicam que a precipitação possui 19,8%, os focos de calor apresentam 33,3%, e o desmatamento revela 176,7%. Nessa análise, observa-se que o desmatamento exibe um coeficiente de variação significativamente elevado, sugerindo que os dados de desmatamento estão amplamente dispersos em relação à média.

Portanto, a análise estatística descritiva destaca-se como uma ferramenta robusta para revelar tendências, variações e padrões que podem passar despercebida em análises mais simplificadas. Ao explorar a interação entre a precipitação pluviométrica, desmatamento e focos de calor, essa análise busca oferecer uma compreensão mais aprofundada das complexas interações que influenciam o ambiente local.

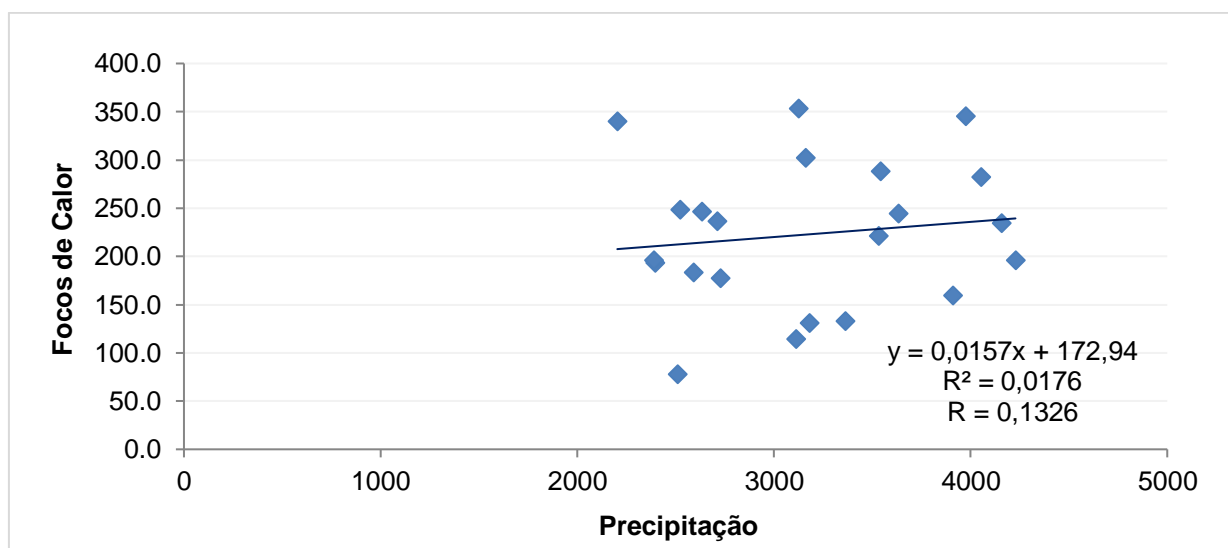
5.4. Correlação entre Precipitação, Desmatamento e Focos de Calor

A utilização da técnica de análise de correlação é importante na interpretação de dados e fenômenos geográficos que envolvem duas variáveis (Gerardi e Silva, 1981). Com o intuito de realizar essa análise estatisticamente mais robusta, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, entre as variáveis precipitação e desmatamento para identificar sua relação com focos de calor.

Nas Figuras 18 e 20, tem-se a representação da dispersão linear dos focos de calor e precipitação e dos focos de calor e desmatamento, respectivamente. Também apresenta a equação do coeficiente de determinação, sendo este o

quadrado do coeficiente de correlação. Além, de informar a fração da variabilidade dos focos de calor se é explicada estatisticamente pela outra variável (precipitação/desmatamento).

Figura 18. Correlação linear de Pearson dos focos de calor em comparação a precipitação no Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.



Fonte: Adaptado com os dados HIDROWEB (ANA) e BD queimadas (INPE)

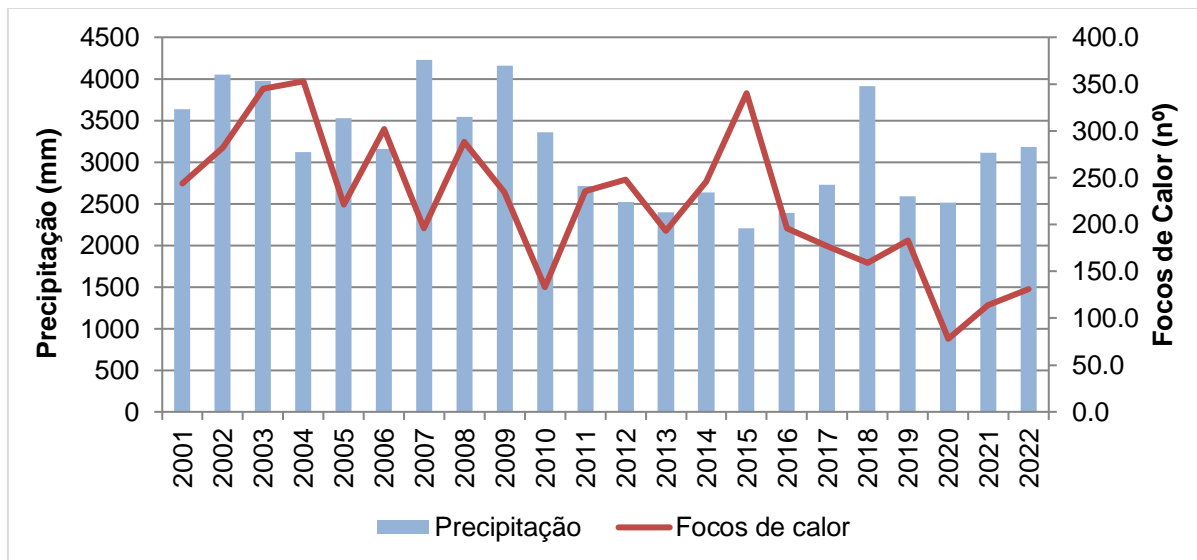
Portanto, em relação à variação dos pontos de calor com a variação da precipitação, conforme indicado na Figura 18, observa-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,0176. Isso implica que apenas 1,8% da variação nos pontos de calor está relacionada com a variação da precipitação pluviométrica, relação esta que é expressa pela equação apresentada na Figura 18.

O coeficiente de correlação (R) entre a variação dos focos de calor e a variação da precipitação é de 0,1326, indicando uma relação direta ou positiva. Isso significa que, à medida que a variação da chuva aumenta a variação dos focos de calor também aumenta. No entanto, é importante observar que o valor do coeficiente de correlação é inferior a 0,3 ($0 > R < 0,3$), caracterizando uma correlação fraca.

A Figura 19 exibe os dados de focos de calor e precipitação pluviométrica para o município de Tartarugalzinho. Visualmente, é possível identificar uma relação entre as variáveis (focos de calor e precipitação). No entanto, como destacado no item 5.2.1, a partir de 2010, ocorreu uma diminuição na precipitação mensal, mesmo com a presença do fenômeno La Niña, que normalmente resulta em um aumento no nível pluviométrico. Mesmo assim, a precipitação anual permaneceu abaixo da média, conforme evidenciado na Figura 14. O mesmo padrão é observado nos focos

de calor, onde, após atingir sua maior ocorrência em 2011, houve uma queda em seus números, com exceção do ano de 2015.

Figura 19. Dados de focos de calor e precipitação pluviométrica no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022



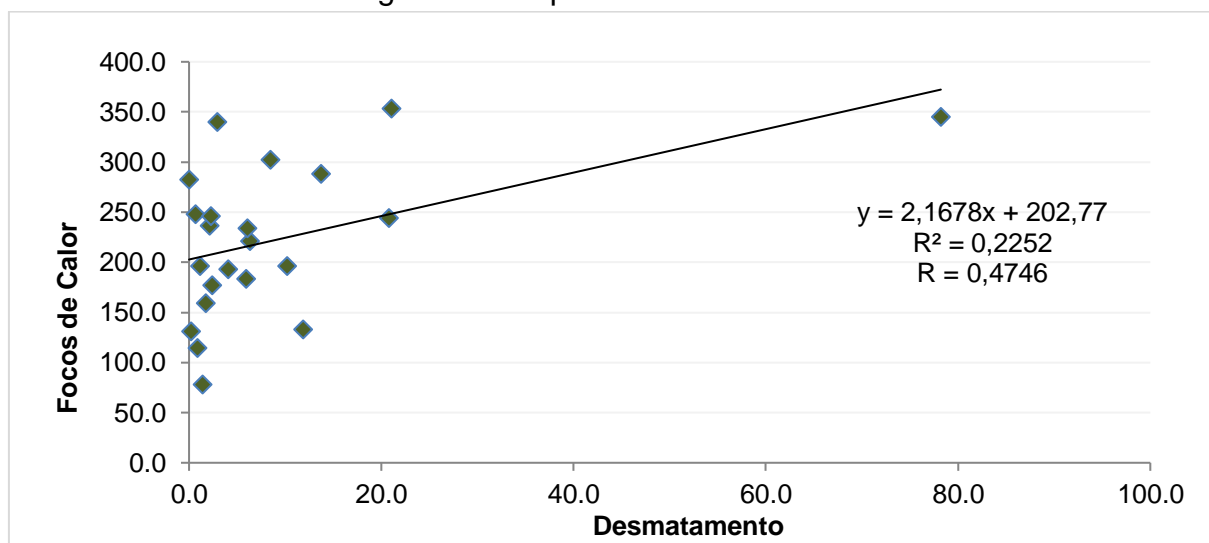
Fonte: Adaptado com os dados HIDROWEB (ANA) e BD queimadas (INPE).

Este resultado pode estar relacionado ao que foi discutido por Salazar Latorre, Aragão e Andreson (2016), que afirmam que a incidência de incêndios na Amazônia tem influência climática, mas está intrinsecamente ligada à atividade humana como fator de ignição. A essa atividade está associada à expansão e preservação da fronteira agrícola, onde o uso do fogo como ferramenta de manejo, presente nos limites geográficos da Amazônia legal.

Considerando também que a ocorrência de eventos climáticos como o El Niño pode causar eventos de secas e incêndios florestais. (Barbosa; Fearnside, 1999). Como resultado a esse fenômeno tem-se o aumento de o aumento dos focos de calor em muitas regiões, inclusive na Amazônia. Entretanto, mesmo em anos sem a ocorrência do fenômeno, o padrão de focos de calor mantém-se proporcional ou até aumentando, como é o caso de 2020 a 2022 que mesmo em período de elevação na precipitação tem-se aumento na ocorrência de focos de calor.

A relação entre focos de calor e desmatamento está exposta na Figura 20, observa-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,2252. Isso implica que apenas 22,5% da variação nos pontos de calor estão relacionadas com a variação do desmatamento.

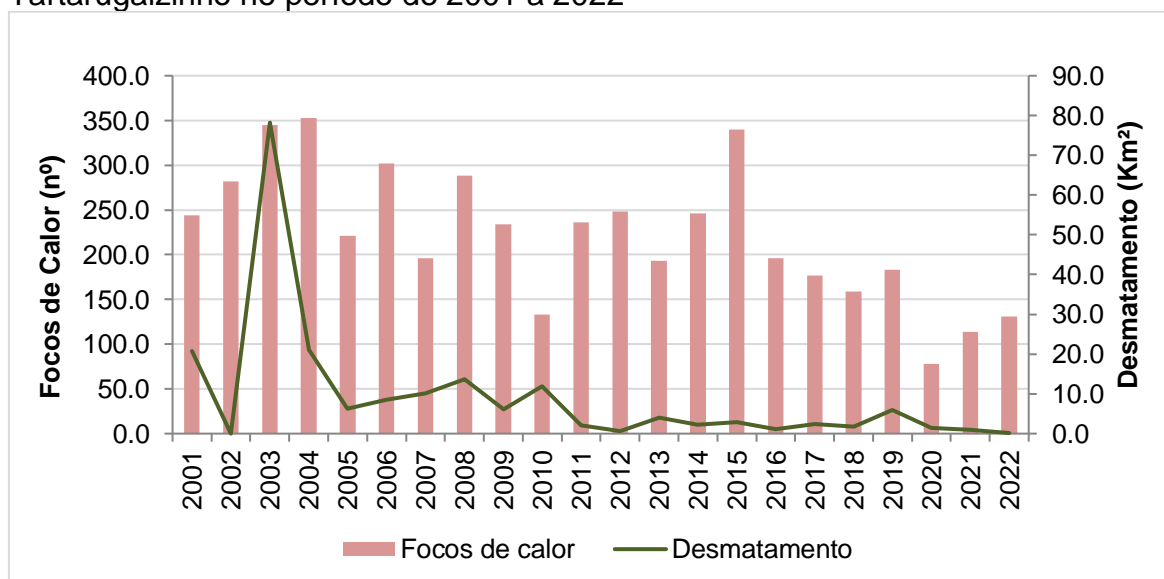
Figura 20. Correlação linear de Pearson dos focos de calor em comparação ao desmatamento no Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022.



Fonte: Adaptado com os dados BD queimadas (INPE) e PRODES.

O coeficiente de correlação (R) entre a variação dos focos de calor e a variação do desmatamento é de 0,4746, evidenciando uma relação direta ou positiva. Isso implica que à medida que ocorre variação no desmatamento, também ocorre variação nos focos de calor. Entretanto, é relevante notar que o valor do coeficiente de correlação é inferior a 0,6 ($0,3 \geq R < 0,6$), indicando uma correlação considerada regular.

Figura 21. Dados de focos de calor e desmatamento no município de Tartarugalzinho no período de 2001 a 2022



Fonte: Adaptado com os dados BD queimadas (INPE) e PRODES.

Na representação da Figura 21, é possível constatar que o desmatamento atingiu seus picos em 2003 (78,2 km²) e 2004 (21,0 km²), seguidos por uma

subsequente redução na área desmatada. É digno de nota que o estado do Amapá, embora tenha o menor índice de desmatamento, exhibe uma clara tendência de aumento nos focos de calor.

Este resultado pode estar relacionado ao que foi discutido por Caric et al. (2022), as áreas queimadas registradas no estado do Amapá estão principalmente localizadas nas regiões previamente desmatadas pelos seus usos anteriores. Desse modo, essas queimadas ocorrem principalmente ao longo das áreas de savana no estado do Amapá, especialmente nas proximidades das rodovias.

Portanto, Rivero et al. (2009) descreve as áreas consolidadas com processos de desmatamento que apresentam uma dinâmica específica, vinculada à expansão de cultivos, pastagens e novos investimentos em áreas já ocupadas. Isso ressalta que, além da expansão para novas áreas, o desmatamento persiste, ainda que em proporções menores, nas regiões reconhecidas como fronteira consolidada.

6. ANÁLISE SOBRE A ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS DE DESMATAMENTO, PRECIPITAÇÃO E DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR PARA O MUNICÍPIO DE TARTARUGALZINHO (2001 A 2022)

Nesta seção, empreende-se a análise dos dados espacializados referentes ao desmatamento, precipitação e densidade de focos de calor, durante o período de 2001 a 2022, no município de Tartarugalzinho. Esta análise espacial oferecerá percepções significativas para a compreensão dos padrões ambientais e climáticos na região, proporcionando uma nova perspectiva sobre informações que, até o momento, foram quantificadas.

6.1. Espacialização dos dados anuais do desmatamento e de densidade de focos de calor (2000 a 2022)

O intervalo de avaliação deste item pressupõe que os dados de desmatamento do PRODES consideram a área total desmatada, conhecida como máscara de desmatamento, até o ano de 2007. A partir de 2008, esses dados passam a ser anuais, referindo-se ao incremento do desmatamento. Dessa forma, os mapas da série histórica apresentam a acumulação do desmatamento para o intervalo de 2000 a 2007. O mesmo princípio se aplica aos focos de calor, sendo apresentado o acumulado de 2000 a 2007.

Portanto, para exibir as informações sobre os focos de calor, são empregados mapas de Kernel, os quais destacam as densidades de ocorrência desses focos. Adicionalmente, esses mapas são sobrepostos pelos shapefile do desmatamento, conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23. A relação quantificada dessa interação é apresentada na Tabela 14, detalhando o desmatamento em cada densidade de focos de calor.

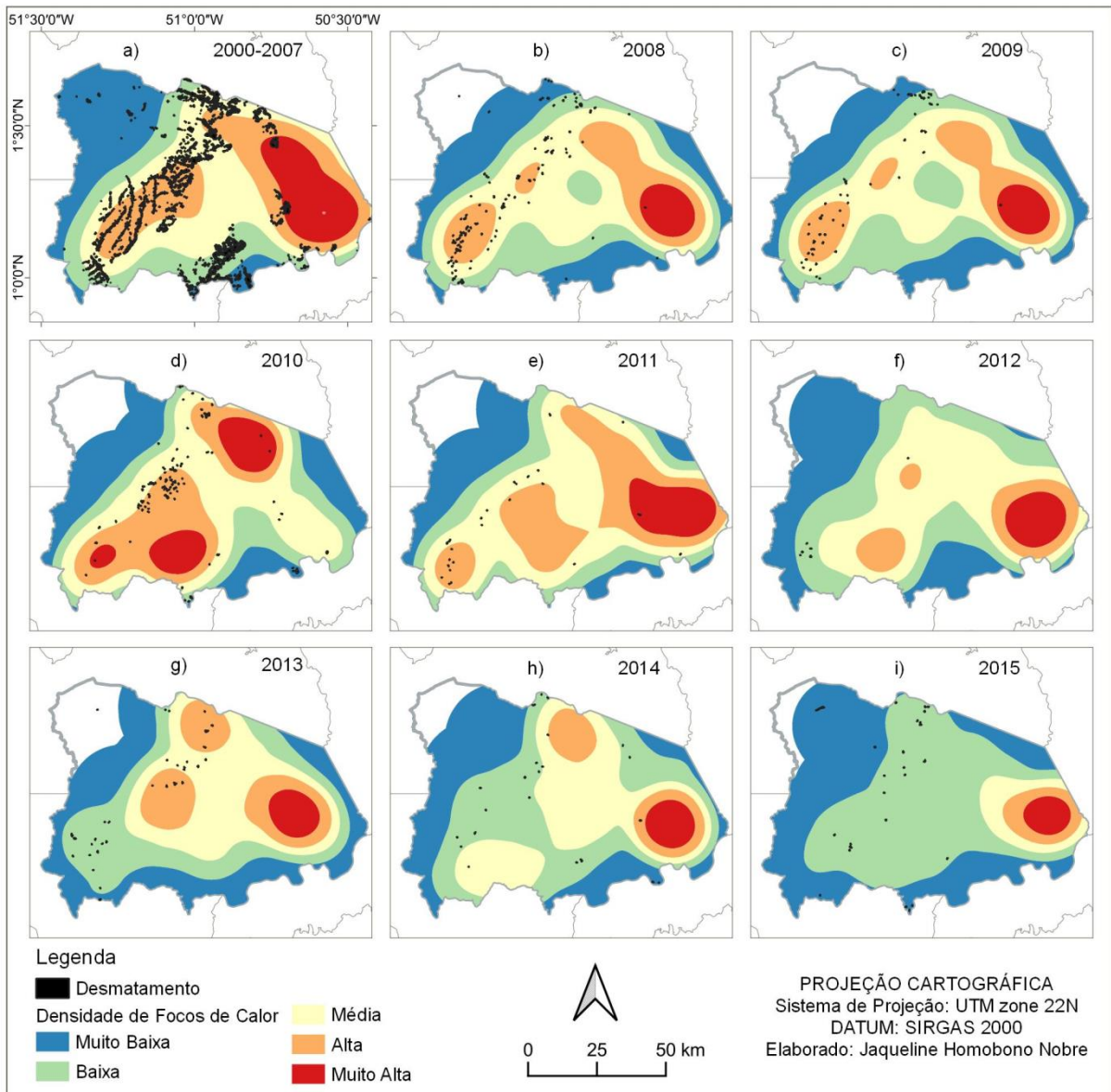
A Figura 22 apresenta o período da série histórica de 2000 a 2015 sendo que a Figura 22a apresenta a sobreposição dos dados acumulados focos de calor e do desmatamento no período de 2000 a 2007. Nota-se que o desmatamento concentra-se principalmente em áreas de assentamento rurais e ao longo da BR-156, que corta o município de Tartarugalzinho. Estas áreas são identificadas como vetores do desmatamento, indicando local onde a atividade de desmatamento é mais intensa e significativa (Amapá, 2009).

O que é corroborado por Rauber (2019) ao apresentar que tanto o desmatamento quanto a incidência de focos de calor está relacionada com o eixo de influência da BR-156, que são áreas remanescentes do Cerrado amapaense, que

corresponde cerca de 12% da área total do estado do Amapá e, sofre em média, 40% dos focos de queimadas registrados. Ainda enfrenta a expansão da fronteira agrícola, sendo o município de Tartarugalzinho um dos três polos de concentração de cultivo empresarial de soja.

Figura 22 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2000 a 2015.

C



Fonte: Nobre, 2023.

Dessa forma, Rauber e Palhares (2021) afirmam que os assentamentos rurais do estado foram responsáveis por 36,92% do desmatamento total por corte raso, registrado entre 1988 e 2019, e com ocorrência predominantemente nos assentamentos rurais convencionais. Esses assentamentos adotam um sistema de rotação sistemática de terras, resultando em desmatamentos frequentes por corte

raso e queimadas, sendo assim, contribuindo para uma parcela significativa do desmatamento no estado (IBGE, 2004).

Ao analisar a densidade de focos de calor na região desmatada acumulada, conforme ilustrado na Figura 22a, verifica-se que o desmatamento está concentrado em uma área de densidade alta de focos de calor. Isso é evidente nos assentamentos rurais, onde a prática de queimadas, especialmente para ampliar as atividades agrícolas e pecuárias, tende a se expandir nas proximidades das áreas previamente desmatadas (Da Silva; Rauber, 2023).

Na Figura 22, pode-se observar que, a partir de 2008, houve uma diminuição no desmatamento, destacando-se uma tendência mais acentuada a partir de 2011 (Figura 22e). Conforme discutido por Rauber e Palhares (2021), o desmatamento nos assentamentos rurais experimentou uma redução significativa entre 2010 e 2019. Essa queda foi influenciada principalmente pela consolidação e pela diminuição das taxas de ocupação nos assentamentos rurais convencionais.

Visualmente, se destaca a localização das classes de densidade de focos de calor, conforme ilustrado na Tabela 22. A região destacada em vermelho, que representa a classe de densidade de focos de calor muito alta, concentra-se consistentemente, ao longo dos anos, no setor leste do município de Tartarugalzinho, próximo à Reserva Biológica do Lago Piratuba. A única exceção ocorre no ano de 2010, quando essa área se localiza nos assentamentos e ao longo da BR 156 (Figura 22d).

A Reserva Biológica do Lago Piratuba tem um histórico de ocorrência de queimadas criminosas e incêndios florestais, geralmente associados a conflitos socioambientais relacionados ao extrativismo animal, degradação de lagos e igarapés, práticas agrícolas predatórias e à pecuária bubalina extensiva (Brito et al., 2016). No ano de 2000, ocorreram alguns focos de queimadas criminosas ocasionadas por pescadores da região e em novembro de 2001, um incêndio tomou grandes proporções na Reserva (Dias, 2003).

No entanto, ao sobrepor a densidade de focos de calor e o desmatamento, observa-se que este ocorre predominantemente em áreas de alta densidade de focos de calor, enquanto em regiões com densidade muito alta, o desmatamento é praticamente inexistente. Por outro lado, a classe de densidade muito baixa de incidência de focos de calor registra uma baixa ocorrência de desmatamento, e a

maioria dessa interseção está localizada na área da FLOTA, mesmo com assentamentos rurais circundantes, conforme ilustrado na Figura 22. Essa dinâmica já foi destacada por Rauber (2019) ao demonstrar uma redução gradual na pressão antrópica no eixo de influência da BR-156 na área da unidade de paisagem Floresta até o ano de 2016.

Essa tendência é evidenciada na Tabela 14, a qual apresenta a área de desmatamento anual categorizada por densidade de focos de calor.

A tabela revela que as maiores extensões de desmatamento se encontram nas classes de densidade média, totalizando 91,32 km², e alta, somando 85,45 km². Em contraste, a menor extensão de desmatamento ocorreu na classe de densidade muito alta, registrando apenas 13,41 km² em seu total.

Tabela 12. Área de desmatamento anual por classe de densidade de focos de calor no município de Tartarugalzinho no período de 2000 a 2022.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Desmatamento fora das classes	Total do Desmatamento
2000-2007	19,62	61,70	91,32	85,45	11,45	0,00	269,55
2008	0,87	2,66	4,60	5,42	0,08	0,06	13,70
2009	0,50	1,78	1,65	2,00	0,12	0,00	6,05
2010	0,75	0,68	3,73	6,43	0,25	0,00	11,83
2011	0,00	0,00	1,29	0,69	0,14	0,00	2,12
2012	0,00	0,61	0,07	0,00	0,00	0,00	0,68
2013	0,08	1,66	0,77	1,45	0,00	0,08	4,03
2014	0,22	1,73	0,16	0,15	0,00	0,00	2,25
2015	0,96	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	2,88
2016	0,00	0,07	0,63	0,26	0,10	0,05	1,10
2017	1,50	0,16	0,17	0,59	0,00	0,00	2,41
2018	0,41	0,97	0,00	0,09	0,15	0,06	1,69
2019	0,14	2,26	1,42	1,19	0,88	0,00	5,89
2020	0,22	0,32	0,63	0,10	0,11	0,00	1,38
2021	0,18	0,07	0,12	0,39	0,14	0,00	0,89
2022	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,16
TOTAL	25,46	76,66	106,63	104,19	13,41	0,25	326,61

Fonte: Autora.

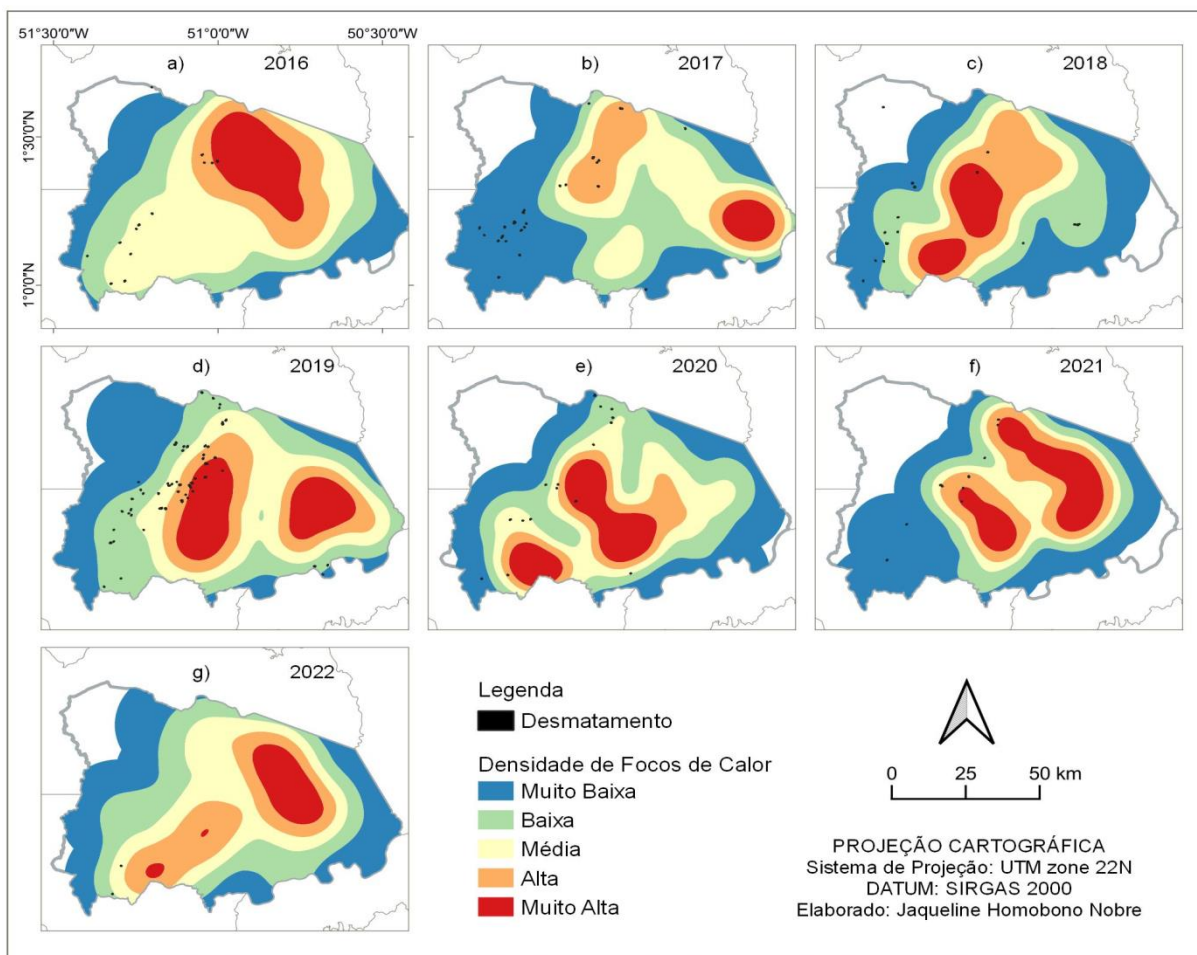
Na Tabela 14, são destacados os anos com os maiores índices de desmatamento, excluindo o período acumulado de 2000 a 2007. Observa-se que os anos de maior desmatamento foram 2008 (13,70 km²), 2009 (6,05 km²), 2010 (11,83

km²) e 2019 (5,89 km²). Esses eventos predominam na categoria de alta densidade de focos de calor, exceto em 2019, quando a maior extensão de desmatamento ocorreu na classe de densidade baixa, conforme ilustrado na Figura 23d. Esse desmatamento também está na região dos assentamentos.

Assim, a Figura 23 revela a sobreposição entre o desmatamento e as categorias de densidade de focos de calor ao longo do intervalo de 2016 a 2022. Nessa representação, destaca-se inicialmente uma redução do desmatamento, conforme corroborado pela Tabela 14 no período mencionado. Além disso, é notável uma ampliação na área de densidade de focos de calor na classe muito alta, localizada de maneira distinta em comparação à apresentada na Figura 22.

Figura 23 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2016 a 2022.

C



Fonte: Nobre, 2023.

Além da variação na categoria de densidade muito alta de focos de calor, a Figura 23 também evidencia o deslocamento das outras classes. Nas representações correspondentes aos anos de 2018 (Figura 23c) e 2020 (Figura

23e), a região que na Figura 22 era caracterizada por uma densidade de focos de calor muito alta apresentou-se, nas figuras mencionadas, com classe de densidade muito baixa ou baixa.

Essa sobreposição de dados permitiu identificar claramente as áreas onde o desmatamento está mais presente e onde os focos de calor também foram mais frequentes no período analisado. Essas informações são cruciais para entender a relação entre o desmatamento e a ocorrência de incêndios florestais, bem como para direcionar ações de conservação e monitoramento ambiental nessas regiões críticas.

6.2. Espacialização dos dados anuais da precipitação de densidade de focos de calor

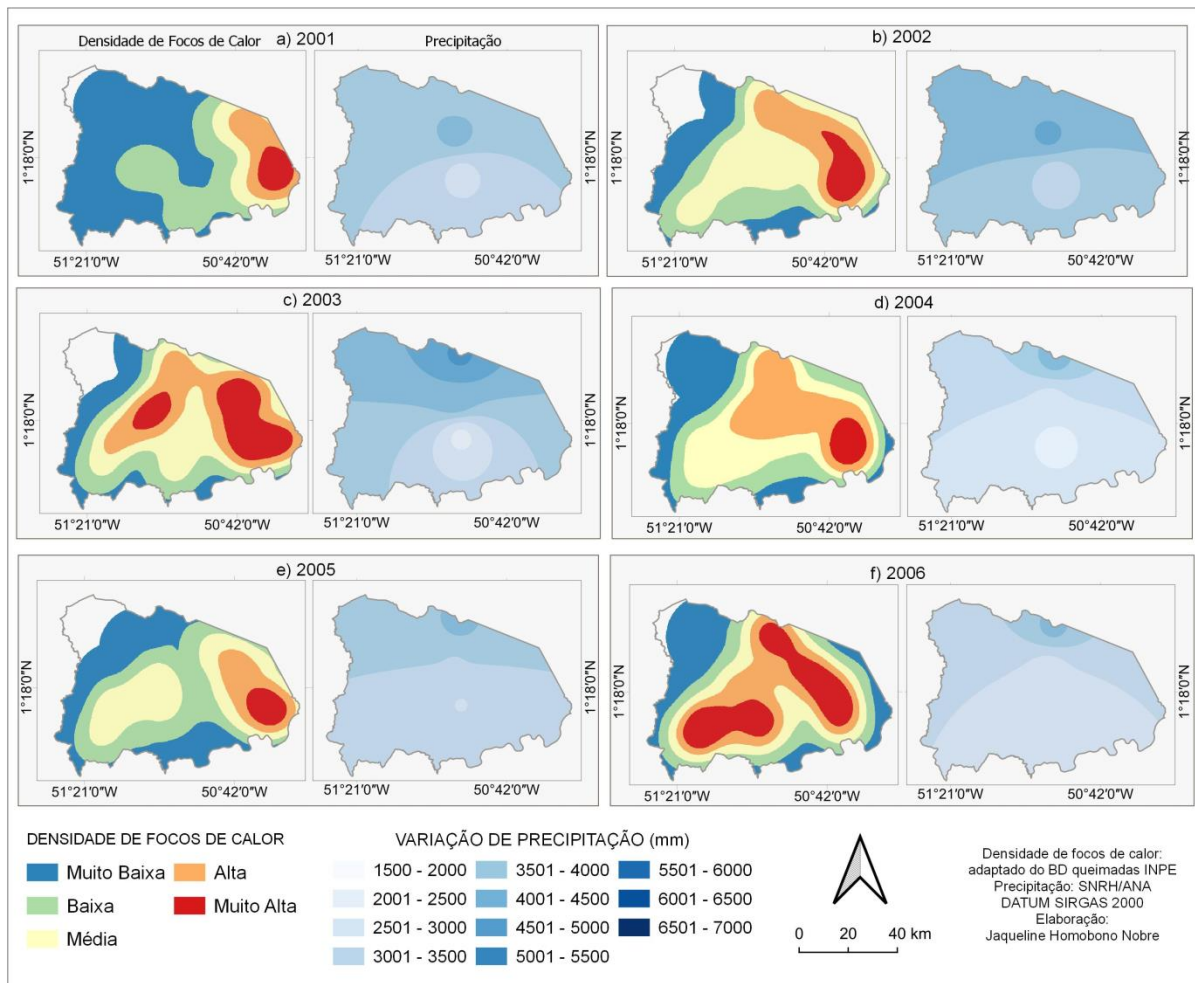
A avaliação da disposição geográfica dos dados de precipitação e da densidade de focos de calor é fundamental para compreender as interações entre os padrões climáticos e a incidência de queimadas e incêndios florestais. Este componente concentra-se na análise da distribuição espacial dos dados anuais, considerando a relação entre a precipitação e a densidade de focos de calor durante o período abrangido pela série histórica de 2001 a 2022.

A análise espacial dos dados de precipitação envolve a interpolação dos dados anuais provenientes de três estações pluviométricas situadas no município de Tartarugalzinho: Itaubal do Amapá (código 8151000), Tartarugal Grande (código 8150001) e Aporema (código 8150000).

Com a finalidade de aprimorar a análise da série histórica, foram elaborados mapas com classes de densidade de focos de calor, categorizadas como muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Além disso, foram aplicadas categorias de variação na média anual que variam de 1500 mm a 2000 mm, finalizando em 7000 mm a 7500 mm, de acordo do que está exposto na Figura 24, 25, 26 e 27.

A Figura 24 ilustra os dados referentes ao período de 2001 a 2006, evidenciando uma baixa variabilidade pluviométrica entre as regiões com as maiores e menores variações de precipitação, com exceção da Figura 24c, que representa o ano de 2003. Neste ano (2003) observa-se uma ampla variação na média anual de precipitação, com 7 (sete) categorias que oscilam de 2001 a 2500 mm para 5001 mm a 5500 mm.

Figura 24 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2001 a 2006 para o município de Tartarugalzinho.



Fonte: Nobre, 2023.

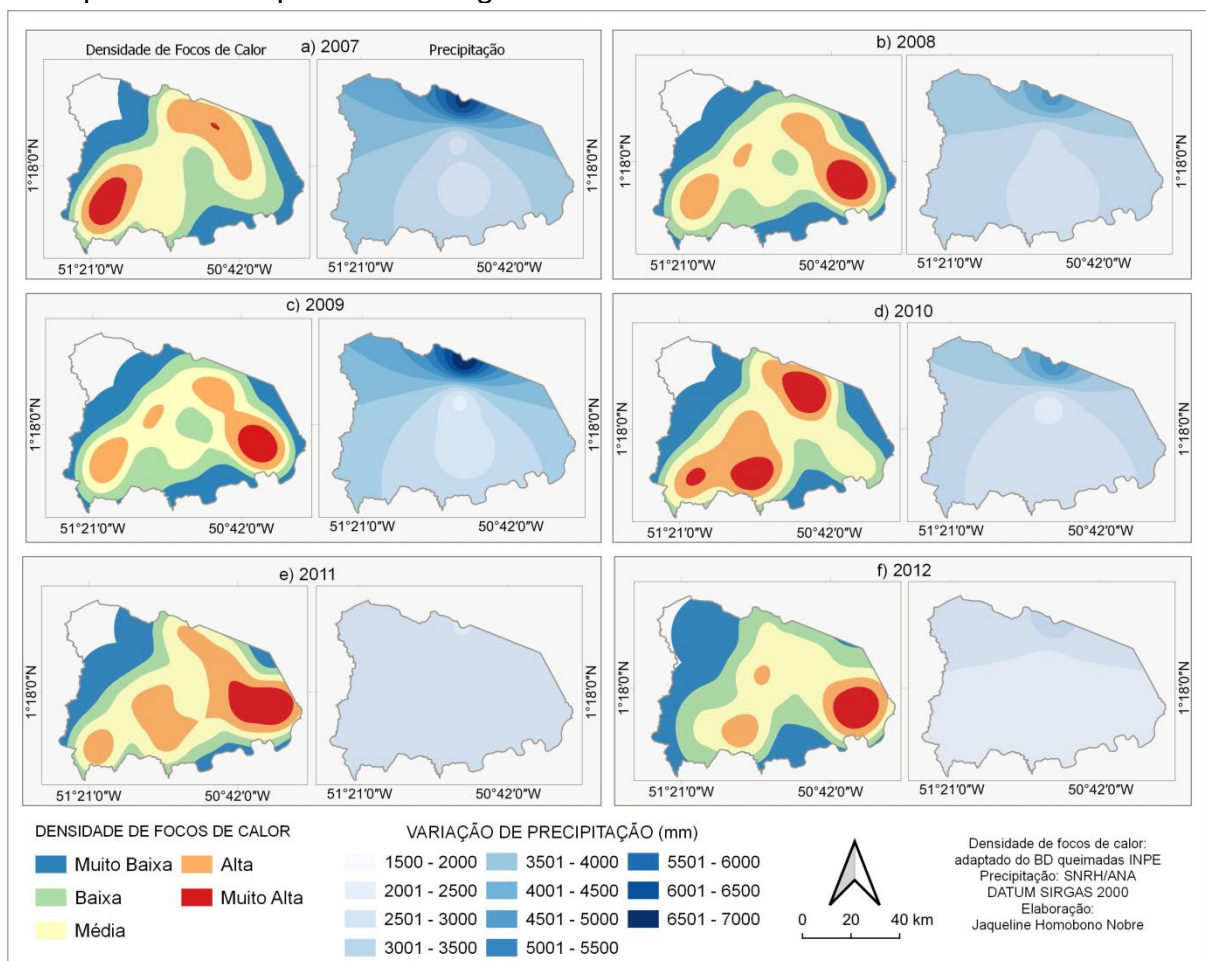
Entretanto, embora o ano de 2003 tenha uma média anual de precipitação superior aos demais anos destacados na Figura 24, observa-se uma extensão maior de área com uma densidade de focos de calor classificada como muito alta. No entanto, também ocorre registro de área com menor média de precipitação (1500 a 2000 mm) que, considerando a informação da Tabela 2, que indica a presença de El Niño Moderado em 2002 e 2003. Sendo o El Niño responsável pela redução da precipitação.

Na Figura 24f (2006), observa-se um aumento significativo na extensão da área com uma densidade de focos de calor classificada como muito alta, mas de acordo com Tabela 2 há a ocorrência de El Niño Fraco. Além disso, há uma ampla área com baixa média anual de precipitação (2001 a 2500 mm), conforme os parâmetros do município de Tartarugalzinho.

Ao observar as densidades de focos de calor na Figura 25 identificou-se que em 2006 (Figura25f) possui duas grandes áreas da classe muito alta de densidade de focos de calor e que neste ano, conforme Tabela 2 há a ocorrência de El Niño Fraco.

A Figura 25 aborda o intervalo de 2007 a 2012, revelando a presença da maior média de precipitação em dois anos específicos: 2007 (Figura 25a), variando de 2001 a 2500 mm até 6501 a 7000 mm e 2009 (Figura 25c), variando de 1500 a 2000 mm até 6501 a 7000 mm. Conforme indicado na Tabela 2, houve a ocorrência de La Niña Forte em 2007 e 2008, o que favorece a ocorrência do aumento da precipitação. No entanto, é notável que, em 2007 (Figura 25a), a classe de densidade de focos de calor muito alta está localizada na região sudoeste do município, divergindo do padrão observado em Tartarugalzinho.

Figura 25 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2007 a 2012 para o município de Tartarugalzinho.

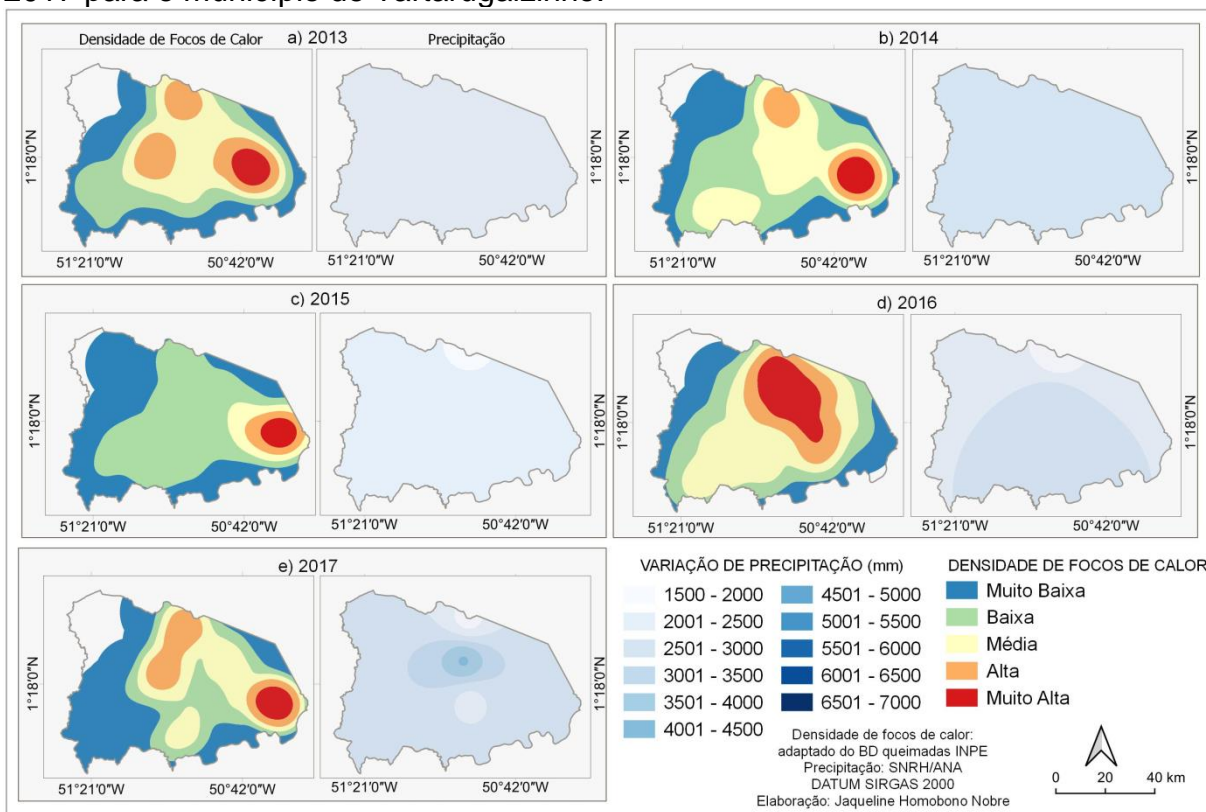


Fonte: Nobre, 2023.

Visualmente, a Figura 25, referente aos anos de 2011 (Figura 25e) e 2012 (Figura 25f), exibe uma extensão de área com variação de média anual de precipitação, relativamente baixa. Não conseguindo identificar as categorias variação de média anual tão característica para o município de Tartarugalzinho.

Assim, a Figura 26, que aborda o período de 2013 a 2017, destaca de forma mais clara a diminuição na média anual de precipitação, especialmente no ano de 2015, que registra a maior queda na variação da média anual de precipitação que ficou em 1500 a 2000 mm até 2001 a 2500 mm, em comparação com as variações das médias anuais da Figura 25. Vilhena, Silva e Freitas (2018) informa que em 2015 o evento extremo de estiagem registrado tem a ver com características do El Niño, que resulta em déficit pluviométrico que se prolongada até cinco meses. Considerando focos de calor, é importante notar que há uma área muito concentrada com densidades de focos de calor classificadas como muito alta, alta e média, localizadas na região leste do município.

Figura 26 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2013 a 2017 para o município de Tartarugalzinho.



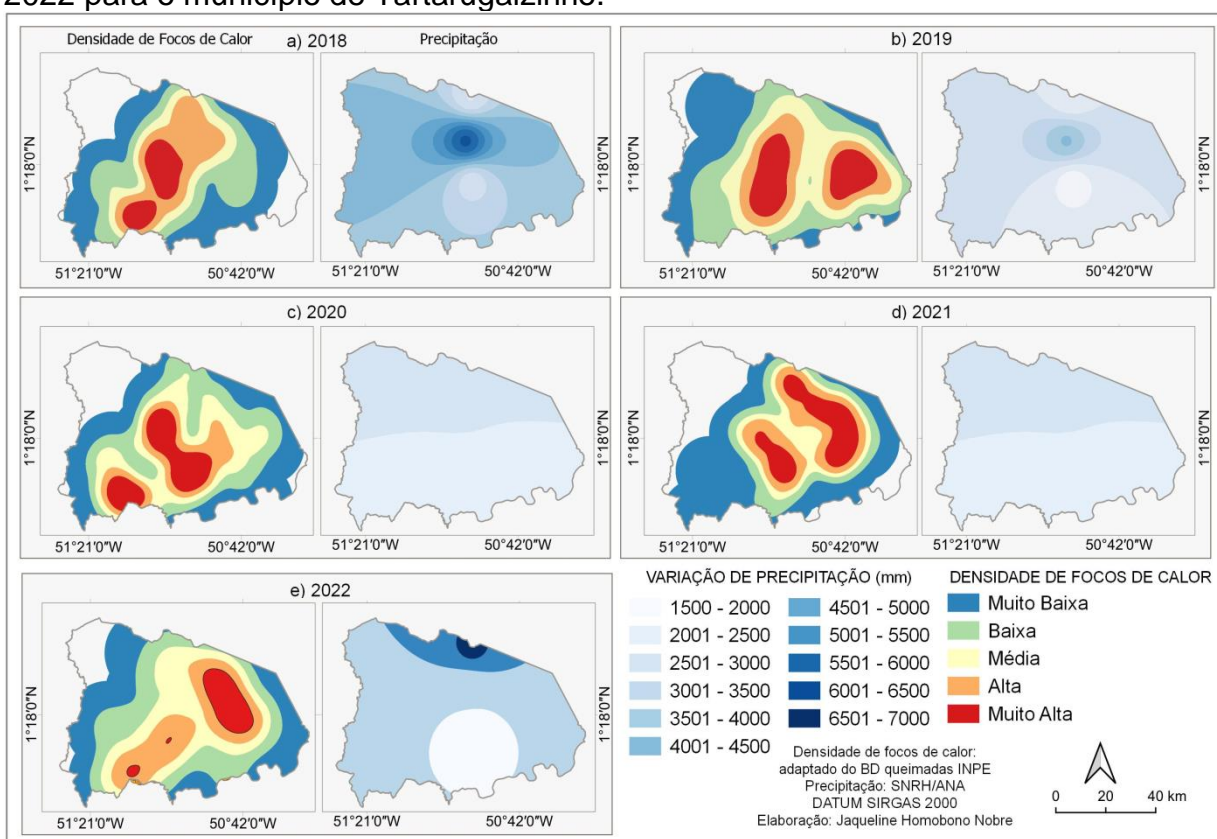
Fonte: Nobre, 2023.

No ano de 2016 (Figura 26d), que também registra a ocorrência de El Niño muito forte, há uma diminuição relativa na variação da média anual de precipitação,

2001 a 2500 mm até 3001 a 3500 mm, embora não tão intensa quanto a observada em 2015. Notavelmente, a área com densidade de focos de calor classificada como muito alta, alta e média está situada na região norte e central do município.

A Figura 27 abrange o intervalo de 2018 a 2022, evidenciando uma expansão significativa da área classificada como densidade de focos de calor muito alta, alta e média, especialmente no centro do município. No que diz respeito à precipitação, os anos de 2018 e 2022 registram médias anuais elevadas, sendo que em 2022 (Figura 27e) ocorre a menor média anual, variando de 1500 a 2000 mm.

Figura 27 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2016 a 2022 para o município de Tartarugalzinho.



Fonte: Nobre, 2023.

Vilhena, Silva e Freitas (2018) declara que, de 1991 até 2016, as chuvas anuais permaneceram dentro da normal climatológica. Entretanto, no intervalo de 1991 a 2020, estima-se que uma nova normal climatológica indica uma leve redução nas precipitações ao longo desse período. Esses resultados refletem positivamente na representação espacial dos dados de precipitação nesta pesquisa.

Rocha e Rauber (2023) evidenciam que, no ano de 2007, com a influência do fenômeno La Niña, que geralmente resulta em aumento da precipitação, houve, paradoxalmente, um significativo aumento nos focos de calor. Além disso, no

período de 2008 a 2020, a média de focos de calor manteve uma distribuição relativamente consistente entre anos considerados normais, em comparação com aqueles marcados pela presença dos eventos do El Niño e La Niña.

No período analisado (2001 a 2022) foi verificado uma série de transformações climáticas que impactam as dinâmicas naturais em escala global, regional e local. A crescente preocupação com os incêndios florestais, em particular, destaca a importância de compreender como a distribuição espacial da precipitação e a densidade de focos de calor estão interligadas.

A pesquisa de Vilhena, Silva e Freitas (2018) destaca a ocorrência de três episódios de Estiagens Extremas, caracterizados por uma prolongada seca persistente de cinco meses consecutivos, começando com chuvas abaixo de 60% das médias em setembro de 1969. Em seguida foram registrados eventos a partir de setembro de 1991 e a partir de setembro de 2015, sendo este último notável por representar o período mais extenso de seca já documentada na região. A média aponta que, em geral, um evento de estiagem extrema ocorre a cada 23 anos na região.

Em 2023, a recorrência do El Niño resultou em uma seca extrema no município de Tartarugalzinho. Este evento coincidiu com um aumento significativo no número de focos de calor, que, no entanto, não atendeu à média temporal de eventos extremos na região, reduzindo-a pela metade.

A espacialização desses dados não apenas nos capacita a identificar padrões geográficos, mas também oferece insights cruciais sobre as regiões mais propensas a incêndios e as condições climáticas que podem influenciar sua propagação. Além disso, essa análise é essencial para desenvolver estratégias de prevenção e gestão de incêndios em meio ao cenário de mudanças climáticas globais.

Por fim, ao discutimos as limitações e implicações dessas descobertas, com o objetivo de enriquecer nosso entendimento da interação entre clima e incêndios florestais, fornecendo informações inovadoras para a tomada de decisões e a preservação do meio ambiente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as análises realizadas ao longo deste estudo, ficou evidente que a dinâmica ambiental no município de Tartarugalzinho entre 2001 e 2022 é moldada por uma combinação de fatores climáticos e antropogênicos, com destaque para o desmatamento e a precipitação. A espacialização dos dados e as análises estatísticas revelaram padrões que, embora complexos, fornecem uma visão integrada sobre a influência humana nos focos de calor e na alteração do ambiente natural, especialmente nas áreas próximas à BR-156 e em assentamentos rurais.

Apesar das conclusões obtidas, há ainda muitas lacunas que precisam ser preenchidas por meio de estudos adicionais. A correlação regular entre desmatamento e focos de calor, associada à fraca influência da precipitação, indica que a interação desses fatores é mais intrincada do que inicialmente suposto. Assim, investigações futuras deveriam incorporar outras variáveis ambientais e sociais, como o uso do solo, práticas agrícolas e a evolução das políticas públicas voltadas para a conservação ambiental.

Outro ponto importante a ser explorado em pesquisas futuras é a influência dos eventos climáticos extremos, como El Niño e La Niña, e como esses fenômenos afetam diretamente os padrões de desmatamento e incêndios florestais. Um enfoque mais detalhado sobre esses eventos, especialmente em períodos críticos de seca, poderá fornecer uma compreensão mais clara da relação entre a variabilidade climática e os focos de calor.

Por fim, há uma necessidade crescente de monitoramento contínuo e de maior precisão nos dados coletados para aprimorar as estratégias de mitigação de desastres ambientais. Estudos futuros também devem considerar a aplicação de tecnologias emergentes em sensoriamento remoto e geoprocessamento para aprimorar a detecção e a análise dos padrões de desmatamento e incêndios florestais. Dessa forma, poderemos desenvolver estratégias mais eficazes de gestão e preservação ambiental, garantindo um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a conservação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D. C.; DIAZ, M. C. V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and non-ENSO years: Area burned and committed carbon emissions, **Earth Interactions**, v. 10, n. 6, p. 1-17, 2006.

AMAPÁ. Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá. História Natural das Regiões dos Lagos e Sucuriju, Amapá, Brasil. In. DA COSTA NETO, S. V. (Org.). **Inventário Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá**. Relatório Final PPGGIO. Macapá, 2006, p. 9-16.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2009. **Plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Estado do Amapá – PPCDAP**. Grupo de trabalho do plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Estado do Amapá – GTPPCDAP. Coordenação Geral/ Antônio Carlos da Silva Farias. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. Macapá: SEMA, 2009.

_____. Instituto Estadual de Florestas do Amapá. **Plano de Manejo da Floresta Estadual do Amapá. Resumo Executivo**. Macapá: IEF, 2014. 65f. 2014a.

_____. Instituto Estadual de Florestas do Amapá. **Plano de Manejo da Floresta Estadual do Amapá. VOLUME I: Diagnóstico da FLOTA/AP**. Macapá: IEF, 2014. 527f. 2014b.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá. **Relatório diagnóstico da gestão ambiental do Município de Tartarugalzinho** / Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Assessoria de Municipalização (ASSEMUN); Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). – Macapá: Sema, 2017. 20 p.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá. 2018. **Relatório diagnóstico da gestão ambiental do Município de Tartarugalzinho** / Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Assessoria de Municipalização (ASSEMUN); Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). – Macapá: Sema. 2018, p 20.

_____. Ministério Público do Estado do Amapá. 2020. **O Boletim de Monitoramento de Focos de Calor do Estado do Amapá 2020**. Macapá: MPE, p. 15, 2020.

AMORIM, T. X.; SENNA, M. C. A.; CATALDI, M.. Impactos do desmatamento progressivo da Amazônia na precipitação do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.58303>.

ANDELA, N.; MORTON, D. C.; GIGLIO, L.; CHEN, Y.; VAN DER WERF, G. R.; KASIBHATLA, P. S.; DEFRIES, R. S.; COLLATZ, G. J.; HANTSON, S.; KLOSTER, S.; BACHELET, D.; FORREST, M.; LASSLOP, G.; LI, F.; MANGEON, S.; MELTON, J. R.; YUE, C.; RANDERSON, J. T. A human-driven decline in global burned area. **Science**, n. 356, p. 1356-1362, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aal4108>.

ANDERSON, L. O.; YAMAMOTO, M.; CUNNINGHAM, C.; FONSECA, M. G.; FERNANDES, L. K.; PIMENTEL, A.; BROWN, F.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; LOPES,

E. S. S.; MOREIRA, D. S.; SALAZAR, N.; ANDERE, L.; ROSAN, T. M.; REIS, V.; ARAGÃO, L. E. O. C. Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, p. 163-177, 2017.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMANCUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, LIANA O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 69, n. 1, 2017.

ARAÚJO, A. N., CRUZ, M. L. B., SILVA, C. N., & ROSSETE, A. N. Dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Araguari (Amapá, Amazônia, Brasil). **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, janeiro, p. 13, 2020.

ARAÚJO, A. N. **Análise integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari - AP: subsídios ao planejamento ambiental**. 2019. 280 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

ARMOND, N.; ZANGALLI, J. A. **Geografia do Clima em tempos de emergência(s) climática(s): um ensaio pelo materialismo**. In. SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.). Clima, Sociedade e Território. Jundiaí (SP): Ed. Paco Editorial, p.17-38. 2020.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F. J.; CUNHA, H. B.; QUESADA, C. A. N.; MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da Floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Ed. Bertrand. Brasil. 1986. p 01-14.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño” (1997/98). **Acta Amazônica** v. 29, n. 4, p. 513–534, 1999.

BARROS, J. R. B.; ZAVATINI, J. A.. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, v. 08, n. 16, p. 255 – 261. 2009.

BARROS, K. L. C.; SILVA, E. M. R.; MENDONÇA, B. A. F.; PEREIRA, M. G.; FRANCELINO, M. R.. Análise temporal da cobertura e uso da terra do assentamento rural fazenda do salto – Barra Mansa, RJ. **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n.33, p.e31889, 2018.

BATISTA, A. C. Detecção de Incêndios Florestais por satélite. **Revista Florestal**, V. 34, n 2, p. 237-241, 2004.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil** / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 590p, 2016.

BRITO, D. M. C.; BASTOS, C. M. C. B.; FARIAS, R. T. S. de; SOARES A. C. de P. M. Conflitos Socioambientais na Reserva Biológica do Lago Piratuba/Ap. **Anais 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**, 2016.

BUSH M.B, SILMAN M.R, DE TOLEDO M.B, LISTOPAD C, GOSLING W.D, WILLIAMS C, DE OLIVEIRA P.E, KRISSEL C. Holocene fire and occupation in Amazonia: records from two lake districts. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 362, n. 1478, p. 209–218, 2007.

CARIC, G. S., ROCHA, G. F., BELÉM, F. L., & ARAÚJO, F. M. D. Desmatamentos e queimadas no estado do Amapá entre os anos de 2001 e 2019. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 57, 2022.

CBMGO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Manual Operacional de Bombeiros: prevenção e combate a incêndios florestais**. Goiânia: CBMGO, p. 260, 2017.

CLAUDINO-SALES, V. Riscos socioambientais no Norte do país: incêndios na Amazônia brasileira. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 3, p. 22–32, 2019.

COBRADE. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. **Classificação e codificação brasileira de desastres**. 2015. Disponível em <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568e1f00df81ead&groupId=185960>. Acesso: 15 outubro 2021.

COELHO, C. A. S.; CAVALCANTI, I. A. F.; COSTA, S. M. S.; FREITAS, S. R.; ITO, E. R.; LUZ, G.; SANTOS, A. F.; NOBRE, C. A. MARENGO, J. A.; ALEXANDRE, B. Pezzac Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, v. 19, p. 237- 255, 2012.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**. São Paulo. Ano 19, v. I, n. 20. Jan/jul. 2003, p. 193- 204.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, 2005a, p.70-75.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p.7-14, 2005b.

CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O. Modeling the impacts of land cover change in Amazonia: a regional climate model (RCM) simulation study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, p. 225-244, doi: 10.1007/s00704-007-0335-z, 2008.

CORREIA, F. W. S.; MANZI, A. O.; CÂNDIDO, L. A.; SANTOS, R. M. N.; PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 39-43, 2007.

COSTA, J. D. M.; SANTOS, S. L. C.; FUNI, C.. Avaliação da dinâmica do desflorestamento legal no estado do Amapá com a utilização de geotecnologias. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.2, p.291-303, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.002.0024>.

COX, P. M.; BETTS, R. A.; JONES, C. D.; SPALL, S. A.; TOTTERDELL, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, v. 408, n. 6809, p. 184–187, 2000.

COX, P. M.; BETTS, R. A.; JONES, C. D.; SPALL, S. A.; TOTTERDELL, I. J. Modelling vegetation and the carbon cycle as interactive elements of the climate system. **International Geophysics**, v.83 p. 259–279, 2002.

COX P, BETTS R, COLLINS M, HARRIS P, HUNTINGFORD C., JONES C. D. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. **Theoretical and applied climatology**, v. 78, n. 1–3, 2004.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. Levantamentos da Geodiversidade. CPRM, CD-ROM. Escala 1:5.000.000. 2009.

CUNHA, A. C. da; STERNBERG, L. da S. L. Using stable isotopes O¹⁸ and H² of lake water and biogeochemical analysis to identify factors affecting water quality in four estuarine Amazonian shallow lakes. **Hydrological Processes**, v. 32, p. 1188-1201, 2018.

DA SILVA, T. C.; RAUBER, A. L. The Spatial and Temporal Pattern of Heat Foundations in the Amapaense. **Ciência Geográfica** - Bauru - Ano XXVII - Vol. XXVII - (3): Janeiro/Dezembro – 2023.

DEFRIES, R.S.; HOUGHTON, R.A.; HANSEN, M.C.; FIELD, C.B.; SKOLE, D.; TOWNSHEND, J. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 22, p. 14256–14261, 2002.

DIAS, T. C. **GESTÃO PARTICIPATIVA: Uma alternativa de eco desenvolvimento para a Reserva Biológica do Lago Pirituba/AP**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, p. 155, 2003.

DOWNING, D.; CLARCK, J. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 351p., 2002.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

ELY, D. F. A climatologia produzida no interior da ciência geográfica brasileira: uma análise de teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação em geografia. **Terra livre** n. 29, v. 2, p. 247-264. 2007.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FELIX NETO, J. C.; SOUZA, L. J. A.; ABREU, C. H. M.; BÁRBARA, V. F.; CUNHA, H. F. A.; DIAS, M. T.; CUNHA, A. C.. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.1, p.161-179, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0014>.

FRANCISCO, W. **Estatística Básica: Síntese da teoria**. Piracicaba: Ed. Unimep, 220 p., 1995.

GERARDI, L. H. de O. ; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. Difel, São Paulo, 161p, 1981.

GOLDING, N.; BETTS, R. Fire risk in Amazonia due to climate change in the HadCM3 climate model: Potential interactions with deforestation: AMAZONIAN CLIMATE, FIRE, AND DEFORESTATION. **Global biogeochemical cycles**, v. 22, n. 4, 2008.

GRIMM, A. M.; MÜLLER, I. I.; KRÜGER; C. M.; KAVISKI, E. Variações pluviométricas nos estados de São Paulo e Paraná entre os períodos pré e pós 1970 e suas possíveis causas. In: **Anais... Congresso Brasileiro de Meteorologia**, X. 1998.

HULME, M. **Why we disagree about climate change: understanding controversy inaction and opportunity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

HULME, M. Climate and its changes: a cultural appraisal. **Geo: Geography and Environment**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2015.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Desmatamento. Informativo Técnico nº 1**. Brasília - DF. 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. **Manual técnico de geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contribuição ao conhecimento das florestas do Estado do Amapá: potencial florestal e características fitossociológicas**. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Catálogo de Metadados ANA – Normais Climatológicas (1961 a 1990) - Isoietas**. Dados. Brasil, 2005. Base de Dados em formato shapefile. Disponível em: < <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c7c9289c-0bea-463d-a941-e252078bcdbd>> Acesso em: 24 nov. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e Queimadas 2007-2008**. In: VALERIANO, D. M. (org.). Coordenação Geral de Observação da Terra. São José dos Campos – SP, p. 47. 2008.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados de Queimadas**. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais. 2022. Disponível em <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 26/01/2022.

IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. **Cambio climático 2007: Informe de síntesis**. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, p. 104. 2007.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, Juan C.; MATTAR, Cristian; BARICHIVICH, Jonathan; SANTAMARÍA-ARTIGAS, Andrés; TAKAHASHI, Ken; MALHI, Yadvinder; SOBRINO, José A.; SCHRIER, Gerard Van der. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 33130, 2016.

KIRCHHOFF, V. W. J. H.; NAKAMURA, Y.; MARINHO, E. V. A.; MARIANO, M. M. Excess ozone production in Amazonia from large scale burnings. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v. 54, n. 5, p. 583-588, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(92\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0021-9169(92)90098-6).

KIRCHHOFF, V. W. J. H., ESCADA, P. A. S. **O mega incêndio do século – 1998**. São José dos Campos, SP: Transtec, 1998.

KOPPEN, W. **Das geographischa System der Klimate**, in: Handbuch der Klimatologie, edited by: "Koppen, W. and Geiger, G., 1. C. Gebr, Borntraeger, 1–44, 1936.

KOUSKY, V.E., KAYANO, M.T., CAVALCANTI, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: oceanic, atmospheric circulation changes and related anomalies. **Tellus** v. 36A, p. 490–504, 1984.

SALAZAR LATORRE, N.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; ANDRESON, L. O. Impactos de Queimadas sobre diferentes tipos de cobertura da terra no leste da Amazônia Legal Brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 69, n. 1, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n1-44039.

LI, X.; SONG, K.; LIU, G. Wetland fire scar monitoring and its response to changes of the Pantanal wetland. **Sensors**, v. 20, p. 1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20154268>.

LIEBMANN, B., MARENGO. J. A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazonia. **Journal of Climate** 14: 4308–4318. 2001.

LIMA, R. A. P.; AMARAL, C. A. C.; CANTO, O.; LAMEIRA, A. 2022. A produção da nova fronteira da agricultura mecanizada no Amapá. **Confins**, v. 57, n. 57, 2022.

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, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

LIZUNDIA-LOIOLA, J.; PETTINARI, M. L.; CHUVIECO, E. Temporal anomalies in burned area trends: satellite estimations of the Amazonian 2019 fire crisis. **Remote Sensing**, v. 12, n. 151, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12010151>.

LOPES, E. R N; SILVA, A. P. P; PERUCHI, J. F; LOURENÇO, R W. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas no Município de Sorocaba- São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia – V. 36** (2018). Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/rdg.v36i0.148048>>. Acesso em 11 mar. 2022.

LOPES, M. N. G.. **Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no Estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará/ Faculdade de Meteorologia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Belém-PA, P. 80, 2009.

LOPES, P. P. P. **Transporte de sólidos em suspensão e qualidade da água em Zona Estuarina Amazônica**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Amapá, p. 62, 2019.

LYRA, A. A. **Estudo de vulnerabilidade do bioma Amazônia aos cenários de mudanças climáticas**. 2015. 128 p. Dissertação (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos, 2015.

MALHI, Y., ARAGAO, L. E. O. C., GALBRAITH, D., HUNTINGFORD, C., FISHER, R., ZELAZOWSKI, P., ... MEIR, P. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS**, v. 106, n. 49, p. 20610-20615, 2009.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2019**. São Paulo, SP – MapBiomas, p.49. 2020.

_____. **Relatório Anual de Desmatamento 2020**. São Paulo, SP – MapBiomas, p.93. 2021.

_____. **MAPBIOMAS: Sobre o Projeto**. 2022. Disponível: <<http://alerta.mapbiomas.org/sobre-o-projeto>>. Acesso em: 05 de abr. de 2022.

MARENGO J. A. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. **International Journal of Climatology** 12: 853–863. 1992.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2007.(Série Biodiversidade). v.26, 2. ed, 212 p., 2007.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**. Análise Conjunta Brasil - Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia, p. 1-56, 2011.

MARTÍN-VIDE, Javier. **El tiempo y el clima. Rubes**. Barcelona, 2003.

MEIRELLES, P. R. de L.; MOCHIUTTI, S. Impactos Ambientais da Bubalinocultura nos Campos Inundáveis do Amapá. In: WORKSHOP ECOLAB, 5., 2000, Macapá. **Ecosistemas costeiros amazônicos: boletim de resumos**. Macapá: IEPA, 2000. p. 57-61.

MENDONÇA, F. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Mercator-Revista de Geografia** da UFC, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.

MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H. & DIAS, B. F. S. Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga. **Anais do Simpósio das queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais, 3º Congresso de Ecologia do Brasil**. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília – DF, p 187. 1996.

MOLION, L. C. B. **A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Ama-zonas basin with consideration of deforestation effects**. Tese (Doutorado) – Universidade de Winsconsin, Madison, 1975.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. Série Teses e Monografias, São Paulo:USP/Igeog, n. 1, 1969. 68 p.

_____. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: **IGEOG/USP**, 1971.

_____. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Universidade Federal de Santa Catalina, 1991.

_____. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n. 1, UFSC/Depto de Geociências, 1999. 72 p.

_____. A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil. **Estudos avançados**, v. 17, n. 48, p. 7-20, 2003.

MONTEIRO, M. M.; NETO, G. G. Um estudo sobre a importância dos aningais na comunidade de São Miguel do Flexal, Pracuúba, Amapá: Saberes e narrativas dos moradores locais. **FLOVET- Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica** 1, 1-16 p, 2017.

MOTA, P. H. S.; ROCHA, S. J. S. S.; CASTRO, N. L. M.; MARCATTI, G. E.; FRANÇA, L. C. J.; SCHETTINI, B. L. S.; VILLANOVE, P. H.; SANTOS, H. T.; SANTOS, A. R. Forest fire hazard zoning in Mato Grosso State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 88, p. 1-6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104206>.

MOURA, M., SANTOS, A., PEZZOPANE, J., ALEXANDRE, R., SILVA, S., PIMENTEL, S., ANDRADE, M., SILVA, F., BRANCO, E., MOREIRA, T., SILVA, R., & CARVALHO, J. Relação dos fenômenos El Niño e La Niña com precipitação, evapotranspiração e temperatura na bacia amazônica. **A Ciência do meio ambiente total** , 651 pt 1, 1639-1651. 2019.

NASCIMENTO, F. I. C. d., ARRAES, G. A., ALVIM, D. S., PAULO, J., GOBO, A., & DE MOURA JESUS, L. I. Análise da concentração de black carbon e focos de queimadas na Amazônia legal entre os anos de 2016 e 2021 a partir de dados do merra-2. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 20, p. 1-4, 2023.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. Perspectivas da Variabilidade Climática. **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2017. DOI: 10.48075/geoq.v10i1.15076. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/15076>. Acesso em: 20 abr. 2022.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, C. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, n. 154, p.396-407. 2001.

NEPSTAD, D. C. The Amazon's Vicious Cycles - Drought and Fire in the Greenhouse. **Report to the World Wide Fund for Nature**, WWF, 24p., 2007.

NEPSTAD, D.; SOARES-FILHO, B. S.; MERRY, F.; LIMA, A.; MOUTINHO, P.; CARTER, J.; CATTANEO, A.; RODRIGUES, H.; SCHWARTZMAN, S.; MCGRATH, D. G.; STICKLER, C. M.; LUBOWSKI, R.; PIRIS-CABEZAS, P.; RIVERO, S.;

ALENCAR, A.; ALMEIDA, O.; AND STELLA, O. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 326, n. 5958, p. 1350-1351, 2009.

NEVES, D. G. **Influência da vegetação na precipitação pluviométrica Sazonal do Estado do Amapá: um estudo de variabilidade climática**. 2012. 129 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422 p.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia. Relatório de Avaliação Científica**. São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA, p. 42. 2014. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf>> Acesso em: 06 de abr. 2022.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; ARTAXO, P. Understanding the Climate of Amazonia: Progress From LBA. In: KELLER M.; BUSTAMANTE M.; GASH J.; DIAS, P. S. (Eds). Amazonia and Global Change. **Geophysical Monograph Series**, v. 186, p. 145-147, 2009.

NOVAIS, G. T. **Caracterização Climática da Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-graduação em Geografia, Uberlândia, 2011. 115f.

NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. A questão da variabilidade climática: Uma reflexão crítica. **Revista do Instituto Geológico** (Descontinuada), v. 16, n. 1-2, p. 21-31, 1995. Disponível em: http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/16_1-2_2.pdf. Acesso: 20. abr. 2022.

PERES, T. C.; TORRES, C. M.; MAIER, É. B. Precipitação no Brasil: Validação e Estatística Descritiva dos Dados de Precipitação da Universidade de Delaware. **XXXV Encontro Estadual de Geografia (EEG) 2018**-“A diversidade da Geografia e a Geografia da diversidade nas primeiras décadas do século XXI”, n. 35, p. 10-10, 2018.

PINTO, J. E. S. de S; AGUIAR NETO, A. de O. de O. **Clima, Geografia e Agrometeorologia: Uma Abordagem Interdisciplinar**. São Cristóvão. Ed. UFS, Aracaju. Fundação Quêdo Teixeira. 2008.

PIRES, P. S. Do bravo ao manso por meio de uma lente: aproximações imagéticas à criação de búfalos. **Illuminuras** 16, p. 133-166, 2015.

RAUBER, A. L. **A dinâmica da paisagem no estado do Amapá: análise socioambiental para o eixo de influência das rodovias BR-156 e BR-210**. 234f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás/UFG, Goiânia-GO, 2019.

RAUBER, A. L.; PALHARES, J. M. A dinâmica do desmatamento de corte raso e os assentamentos rurais amapaenses. **Revista Ciência Geográfica** - Bauru - XXV - Vol. XXV- (2): p567-583, 2021.

RIVERO, S. L. M.; ALMEIDA, O. T.; ÁVILA, S.; SOUZA, W. O. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia (Belo Horizonte, Brazil)**, v. 19, n. 1, p. 41–66, 2009.

ROCHA, L. C. S.; RAUBER, A. L. Amazônia Legal Brasileira: A incidência de focos de calor entre os anos de 2001 e 2020 e a correlação com o desmatamento de corte raso. **Revista Equador**, v. 12, n. 1, p. 199-226, 2023.

ROCHA, T.B.; MACHADO, B.A.; SILVA, J.C.; MELLO, G.S.; PEREIRA, T.G.; FERNANDEZ, G.B. Interação morfodinâmica entre a praia e duna frontal no delta do rio Paraíba do Sul (RJ) a partir de uma década de monitoramento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 2, p.283-301, 2018.

RODRIGUES M. R. C.; SILVA JUNIOR, O. M. Panorama Geral da Zona Costeira do Estado do Amapá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, p. 1654-1674, 2021.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, 1998, p. 119-131.

_____. Por uma geografia do Clima. Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, 17, 49–62, 2001.

_____. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista ANPEGE da Associação Nacional de pós graduação e pesquisa em geografia ANPEGE**, v. 4, p. 1-88, 2008.

_____. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011, p. 45.

_____. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana. *Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso*. **Expressões**, São Paulo, 2013, p. 75 – 91.

_____. Da climatologia geográfica à geografia do clima gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista Da ANPEGE**, 4(04), 51–72. 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, EDUEM, 2000.

SANTOS, C. A. C.; SATYAMURTY, P.; SANTOS, E. M. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Acta Amazonica** 42: 329 – 336. 2012.

SANTOS, C. A.; SERRÃO, E. A. O.; GONÇALVES, L. J. M.; WANZELER, R. T. S.; LIMA, A. M. M. Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia Biosfera** 10: 3092 – 3107. 2014.

SANTOS, R.; PEREZ FILHO, A. Mapeamento das unidades geoambientais do estado do Amapá como subsídio ao planejamento ambiental, 05/2018, **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO)**, Vol. 1, pp.1-6, Crato, CE, Brasil, 2018.

SCHOLZE, M.; KNORR, W.; ARNELL, N. W.; PRENTICE, I. C. A climate-change risk analysis for world ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 35, p. 13116-13120, 2006

SILVA JÚNIOR, D. B. d. **Modelagem computacional de incêndios e queimadas : um estudo de caso sobre a Reserva Biológica do Lago Piratuba-AP**. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Pernambuco. Pró- Reitoria Acadêmica. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Recife, p. 110, 2007.

SILVA JÚNIOR, O. M, FUCKNER, M. A., BAIA, M. M., SANTOS, L. S. e DA SILVA PINHEIRO, C. S. 2021. Comitê da bacia Hidrográfica do rio Araguari como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Amapá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2771-2789, 2021.

SILVA, R. G. Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Brasília, p. 48. 1998.

SILVEIRA, O.; SILVEIRA, O. COSTA NETO, S. História natural das regiões dos lagos e Sucuriju, Amapá. **Relatório Final PROBIO**, p. 9-16, 2006.

SORRE, M. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Tome Premier: Les fondements biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951.

SOUZA, E. B. D.; 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 1960-1998. *Acta Amazônica*, v.30, n.2, p.305-318. 2000.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 9ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no distrito federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Instituto de Biologia. Departamento de Ecologia. Brasília, P. 201. 2004.

VILHENA, J. E. S.; SILVA, R. B.; FREITAS. J. L. **Climatologia do Amapá Quase um século de história**. Rio de Janeiro: Gamma, 2018.

ZAVATTINI, J. A. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **Revista Geografia**, AGETEO, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, 2000.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Editora Alínea, 2013.