

A DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE TARTARUGALZINHO/AP, COM BASE NA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E DO DESMATAMENTO, NO PERÍODO DE 2001 A 2022

THE SPATIOTEMPORAL DYNAMICS OF HEAT SOURCES IN THE MUNICIPALITY OF TARTARUGALZINHO/AP, BASED ON RAINFALL VARIABILITY AND DEFORESTATION, FROM 2001 TO 2022.

LA DINÁMICA ESPACIO -TEMPORAL DE LOS BROTES DE CALOR EN EL MUNICIPIO DE TARTARUGALZINHO/AP, BASADA EN LA LLUVIA Y LA DEFORESTACIÓN, DE 2001 A 2022

Jaqueline Homobono Nobre

Mestre em Geografia pelo Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) –
jaqueline_homobono@yahoo.com.br;
<https://orcid.org/0000-0002-0250-6780>

José Mauro Palhares

Professor Permanente do Curso de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) –
jmpalhares@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0001-9311-1049>

José Falcão Sobrinho

Professor Permanente do PRODEMA/UFC e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE) da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)
falcao.sobral@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0002-7399-6502>

RESUMO: Este estudo investiga a relação entre variabilidade pluviométrica, desmatamento e ocorrência de focos de calor no município de Tartarugalzinho, Amapá, entre 2001 e 2022. Dada a importância da Amazônia para o equilíbrio climático global, a pesquisa analisa dados de precipitação, desmatamento e focos de calor, além das manifestações El Niño e La Niña, utilizando ferramentas de geoprocessamento (QGIS). Os resultados indicam uma relação moderado entre desmatamento e focos de calor, enquanto a influência da experiência sobre os focos de calor foi fraca. A sobreposição de mapas de Kernel mostrou que o desmatamento se concentra historicamente em áreas com assentamentos rurais e ao longo da BR-156, coincidindo com zonas de alta e média densidade de focos de calor. Isso sugere que o desmatamento contribui para a ocorrência e concentração de focos de calor, especialmente durante eventos climáticos extremos. A análise destacou a necessidade de considerar tanto os fatores climáticos quanto a influência antropogênica na dinâmica ambiental, fornecendo uma base sólida para decisões informadas e estratégias sustentáveis.

Palavras-chave: Queimadas; Incêndios Florestais; El Niño; La Niña.

ABSTRACT: This study investigates the relationship between rainfall variability, deforestation, and the occurrence of fire hotspots in the municipality of Tartarugalzinho, Amapá, between 2001 and 2022. Given the Amazon's importance for global climate balance, the research analyzes data on precipitation, deforestation, and fire hotspots, along with the manifestations of El Niño and La Niña, using geoprocessing tools (QGIS). The results indicate a moderate correlation between deforestation and fire hotspots, while the influence of precipitation on fire hotspots was weak. The overlay of Kernel density maps revealed that deforestation has historically been concentrated in areas with rural settlements and along the BR-156, coinciding with zones of high and medium fire hotspot density. This suggests that deforestation contributes to the occurrence and concentration of fire hotspots, especially during extreme climatic events. The analysis underscores the need to consider both climatic factors and anthropogenic influences on environmental dynamics, providing a solid foundation for informed decision-making and sustainable strategies.

Keywords: Burning; Wildfires; El Niño; La Niña.

RESUMEN: Este estudio investiga la relación entre la lluvia, la deforestación y la aparición de brotes de calor en el municipio de Tartarugalzinho, Amapá, entre 2001 y 2022. Dada la importancia de la Amazonía para el equilibrio climático global, la investigación analiza datos de precipitación, deforestación y brotes de calor, en en Adición a las manifestaciones El Niño y La Niña, utilizando herramientas de geoprociamiento (QGIS). Los resultados indican una relación moderada entre la deforestación y los brotes de calor, mientras que la influencia de la experiencia en los brotes de calor fue débil. La superposición de los mapas del núcleo mostró que la deforestación históricamente se enfoca en áreas con asentamientos rurales y a lo largo de BR-156, coincidiendo con zonas de estallido de calor alto y medio. Esto sugiere que la deforestación contribuye a la ocurrencia y concentración de brotes de calor, especialmente durante los eventos climáticos extremos. El análisis destacó la necesidad de considerar tanto los factores climáticos como la influencia antropogénica en la dinámica ambiental, proporcionando una base sólida para las decisiones informadas y las estrategias sostenibles.

Palabras clave: quema; Incendios forestales; El Niño; La Niña.

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.

O fogo é um agente de desordem no meio natural, podendo ser tanto um fenômeno natural quanto antrópico. Ele atua como ferramenta de manejo, mas também como um destruidor de ecossistemas (MIRANDA; SAITO; DIAS, 1996), causando perturbações ecológicas irreversíveis (LI; SONG; LIU, 2020) e alterando a superfície terrestre e a composição da atmosfera devido à emissão de gases (KIRCHHOFF et al., 1992; ANDELA et al., 2017; LI; SONG; LIU, 2020).

Os incêndios florestais podem ser agravados por condições climáticas, como períodos de seca, e por mudanças no uso da terra para atividades agropecuárias, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas tropicais. A classificação do fogo abrange focos de calor, queimadas e incêndios florestais, cada um com características e impactos distintos.

As queimadas são 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). 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 (COBRADE, 2015). Lyra (2015) afirma que os incêndios florestais podem ter origem natural, acidental e criminosa.

Nesse contexto, a detecção de focos de calor desempenha um papel fundamental, especialmente em áreas remotas onde a falta de infraestrutura local dificulta o acompanhamento em tempo real, uma realidade amplamente observada no Brasil (INPE, 2022). Assim, o uso de sensores acoplados a satélites torna-se uma ferramenta necessária para o monitoramento, permitindo identificar regiões com temperaturas elevadas que podem estar relacionadas a queimadas ou incêndios florestais,

A compreensão e monitoramento do fogo, incluindo sua espacialização e fatores que aumentam sua ocorrência, são essenciais para a prevenção de desastres ambientais. 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; FEARNSTIDE, 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 (MOTA et al., 2019).

Em 2012, na história recente do estado do Amapá, a Reserva Biológica (REBIO) do Lago Piratuba enfrentou um grave episódio de queimadas, com o registro de 172 focos de calor que devastaram cerca de 26 mil hectares de área protegida. Esse evento trouxe impactos irreparáveis à biodiversidade e provocou mudanças profundas na biogeoquímica dos sistemas hidrogeomorfológicos dos rios de maré da região (SANTOS; PEREZ FILHO, 2018).

Dessa forma, a pesquisa busca analisar a dinâmica espaço-temporal dos focos de calor no município de Tartarugalzinho, no estado do Amapá, no período de 2001 a 2022, considerando sua relação com a precipitação pluviométrica e o desmatamento, bem como a influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

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).

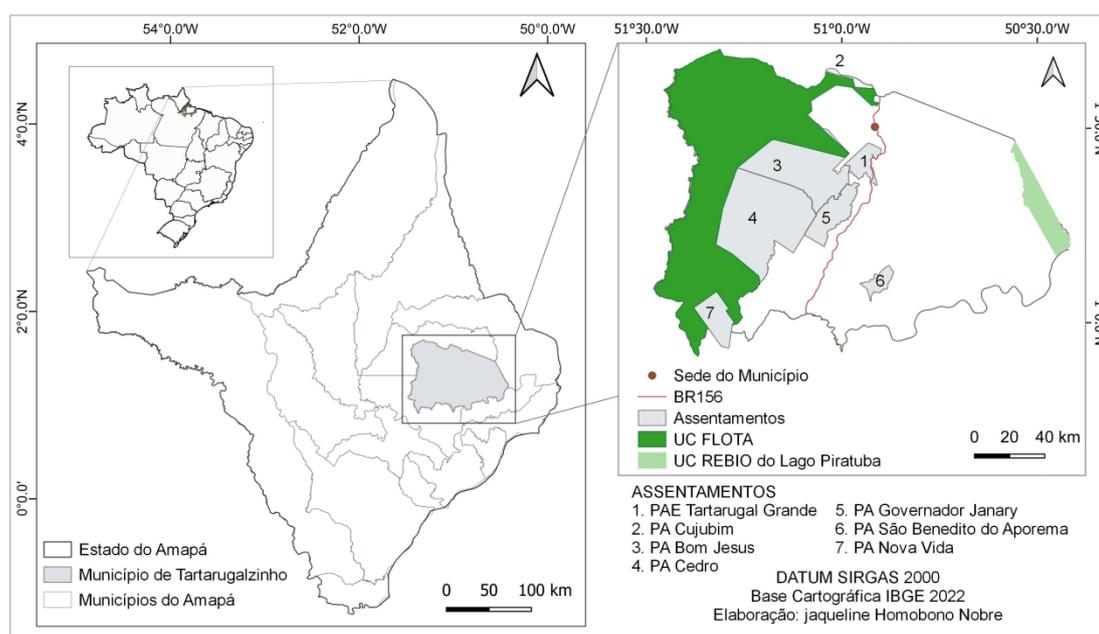


Figura 1. Localização do município de Tartarugalzinho
 Fonte: IBGE, 2022.

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; cinco 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).

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.

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). Neste mapeamento 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).

2.1 Aquisição de dados

2.1.1 Ocorrência do El Niño e La Niña

Os dados de identificação de ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña, no período de 2001 a 2022 foram extraídos do Índice Niño Oceânico (ONI) que estão disponíveis no *Climate Prediction Center* (CPC) (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>).

O Índice Niño Oceânico é calculado com base na média móvel trimestral das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), localizada na porção central do Pacífico Equatorial. Para caracterizar os fenômenos climáticos, é necessário que essas anomalias permaneçam por pelo menos cinco períodos consecutivos de três meses, com valores superiores a +0,5°C para eventos de El Niño e inferiores a -0,5°C para eventos de La Niña.

A Tabela 1 apresenta a classificação dos eventos ENOS de acordo com sua intensidade (com base no ONI). Sendo que a classificação adotou os critérios fornecidos pelo *Golden Gate Service* (<https://ggweather.com/enso/oni.htm>).

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

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 utilização do ONI e a aplicação dos critérios estabelecidos pelo CPC e pelo Golden Gate Service possibilitam uma análise robusta e precisa dos fenômenos El Niño e La Niña. Através desse monitoramento detalhado das anomalias de temperatura da superfície do mar, é possível não apenas identificar a ocorrência desses eventos, mas também avaliar sua intensidade ao longo do período estudado (2001-2022).

2.1.2 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 2.

Quadro 2 – 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 às estações pluviométricas são delineados no Quadro 2, que inclui os códigos e nomes de identificação, localização e período de disponibilização dos dados. Portanto, segundo às informações fornecidas pelo Quadro 2, confirma-se que às três estações estão atualmente em operação.

2.1.3 Desmatamento

Os dados de desmatamento utilizados nesta pesquisa foram obtidos a partir do projeto PRODES (Programa de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>). O programa realiza o monitoramento do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal por meio de imagens de satélite. Desde 1988, o PRODES fornece as taxas anuais de desmatamento na região, sendo uma das principais fontes de informações para o acompanhamento das mudanças no uso e cobertura da terra na Amazônia.

O monitoramento realizado pelo PRODES é baseado na identificação de áreas desmatadas por meio de interpretação visual de imagens de satélite. Atualmente, o projeto utiliza predominantemente imagens dos satélites LANDSAT 8/OLI, CBERS 4 e IRS-2. Esse método permite registrar e quantificar

áreas de desmatamento superiores a 6,25 hectares (INPE, 2022).

Os dados de desmatamento utilizados são polígonos (no formato .shp) que incluem a máscara de desmatamento, que representa a área total desmatada até o ano de 2007. A partir de 2008, os dados passaram a ser apresentados anualmente, refletindo exclusivamente o incremento do desmatamento em cada ano. Assim, os mapas da série histórica mostram o desmatamento acumulado no período de 2000 a 2007.

2.1.4 Focos de Calor

Os dados de focos de calor foram obtidos no portal BD Queimadas (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>), desenvolvido pelo INPE. São pontos (no formato .shp) mensais e anuais do período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2022.

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).

2.2 Análise de dados

A análise de dados foi conduzida utilizando a técnica de geoespacialização para compreender a distribuição espacial dos focos de calor, da precipitação pluviométrica e do desmatamento. Para os focos de calor foi aplicada a técnica de Mapas de Kernel no Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS 3.16, permitindo identificar e representar a densidade dos focos de calor ao longo do período analisado. A partir dos resultados, foram delimitadas áreas de diferentes níveis de densidade, classificados como: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Essa classificação foi realizada com base no método de quebras naturais (JENKS), que organiza os dados de maneira a minimizar a variância interna de cada classe e maximizar as diferenças entre as classes, garantindo maior precisão na análise espacial.

Os mapas foram elaborados utilizando dados anuais de focos de calor e suas densidades, sendo posteriormente sobrepostos aos polígonos de desmatamento correspondentes ao mesmo período, com o objetivo de analisar a relação entre as áreas desmatadas e a densidade dos focos de calor.

A análise de focos de calor com a precipitação pluviométrica ocorreu com a mesma metodologia utilizada para o desmatamento, mas os dados anuais coletados das três estações pluviométricas (Itaubal, Tartarugal Grande e Aporema), foram processados por meio de interpolação para gerar mapas de simulação média anual no QGIS.

Os mapas de variação de variação foram classificados com base no método de quebras naturais, organizados em 11 categorias de variação anual com intervalos de 500 mm, abrangendo valores de 1500 mm a 2000 mm até 7000 mm a 7500 mm. Esses mapas foram posteriormente comparados aos mapas de densidade de focos de calor do mesmo período, permitindo analisar a interação espacial e temporal entre a ocorrência de focos de calor.

Após a elaboração dos mapas de análise anual que correlacionam focos de calor com desmatamento e focos de calor com a precipitação, foi realizada a análise do comportamento dessas variáveis em anos de ocorrências El Niño e La Niña. Essa abordagem busca compreender de forma mais detalhada como esses eventos climáticos extremos influenciam a interação entre a densidade de focos de calor, a variação pluviométrica e as áreas desmatadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As queimadas e os incêndios florestais representam importantes consequências ambientais, frequentemente associadas às práticas humanas e às condições climáticas extremas. O monitoramento desses eventos é essencial para compreender suas dinâmicas espaço-temporais e identificar áreas de maior vulnerabilidade.

A espacialização dos dados permite identificar padrões geográficos e temporais que não seriam evidentes apenas com análises quantitativas. Nesse contexto, apresenta-se uma análise da espacialização do desmatamento e focos de calor, assim como a relação entre a precipitação pluviométrica e a ocorrência de focos de calor.

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

A análise da espacialização dos dados anuais de desmatamento e densidade de focos de calor é essencial para compreender as dinâmicas ambientais que afetam o território. Essa abordagem permite estabelecer a relação entre a perda de cobertura florestal e a ocorrência de queimadas. No município de Tartarugalzinho, essa análise se mostra crucial para identificar como o desmatamento tem contribuído diretamente para o aumento dos focos de calor ao longo dos anos.

Assim, as Figura 2 e 3 ilustram essa abordagem por meio da sobreposição do desmatamento com as densidades de focos de calor. Em que a Figura 2 apresenta o período da série histórica de 2000 a 2015 e a Figura 3 o período de 2016 a 2022.

Na Figura 2a temos a sobreposição dos dados acumulados focos de calor e do desmatamento no período de 2000 a 2007. E nota-se que o desmatamento, na figura 2, 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.

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 2a, 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).

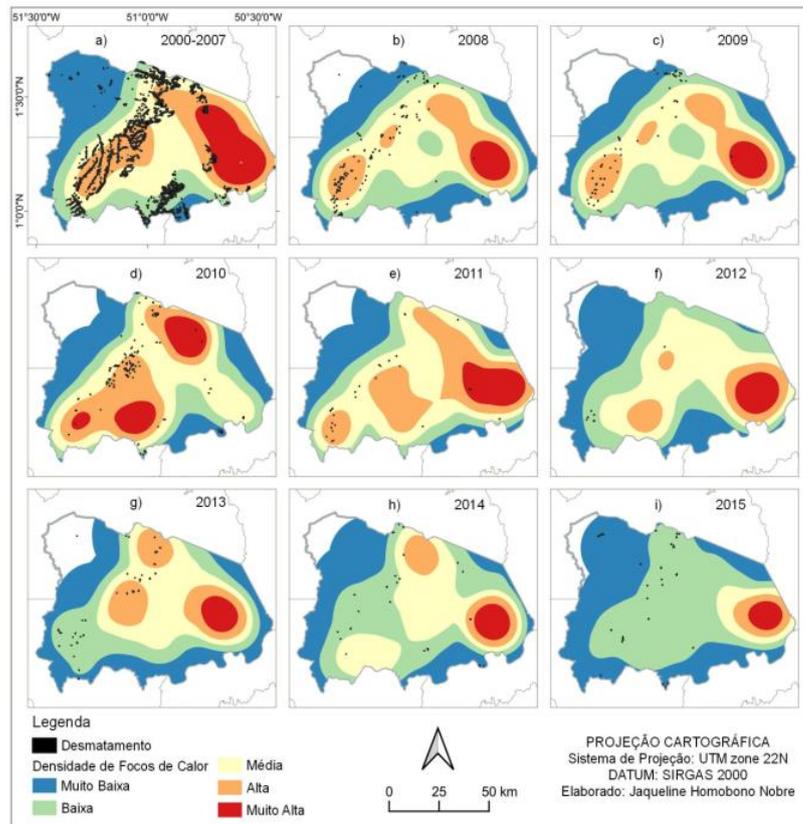


Figura 2 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2000 a 2015. Fonte: autores, 2023.

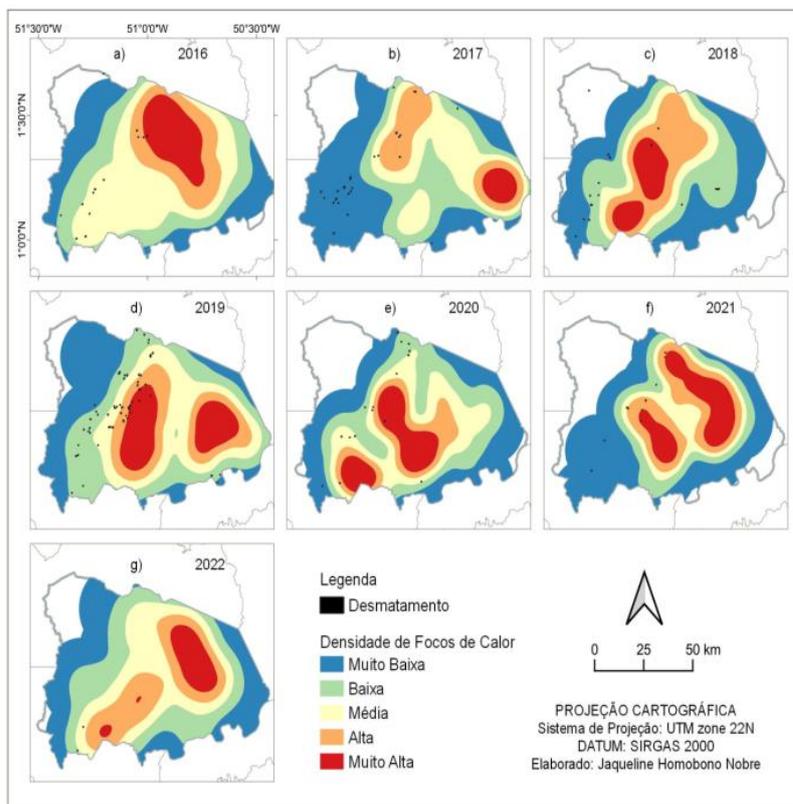


Figura 3 - Sobreposição do desmatamento e densidade de focos de calor acumulado anual para o período de 2016 a 2022. Fonte: autores, 2023.

Na Figura 2, pode-se observar que, a partir de 2008, houve uma diminuição no desmatamento, destacando-se uma tendência mais acentuada a partir de 2011 (Figura 2e). 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 2. 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 2d).

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 2. 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 2, 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 2. 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: Autores.

Na Tabela 2, 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 3d. Esse desmatamento também está na região dos assentamentos.

Assim, a Figura 3 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 a apresentada na Figura 2.

Além da variação na categoria de densidade muito alta de focos de calor, a Figura 3 também evidencia o deslocamento das outras classes. Nas representações correspondentes aos anos de 2018 (Figura 3c) e 2020 (Figura 3e), a região que na Figura 2 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.

3.2 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 Figura 4 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 4c, que representa o ano de 2003. Neste ano (2003) observa-se uma ampla variação na média anual de precipitação, com 7 categorias que oscilam de 2001 a 2500 mm para 5001 mm a 5500 mm.

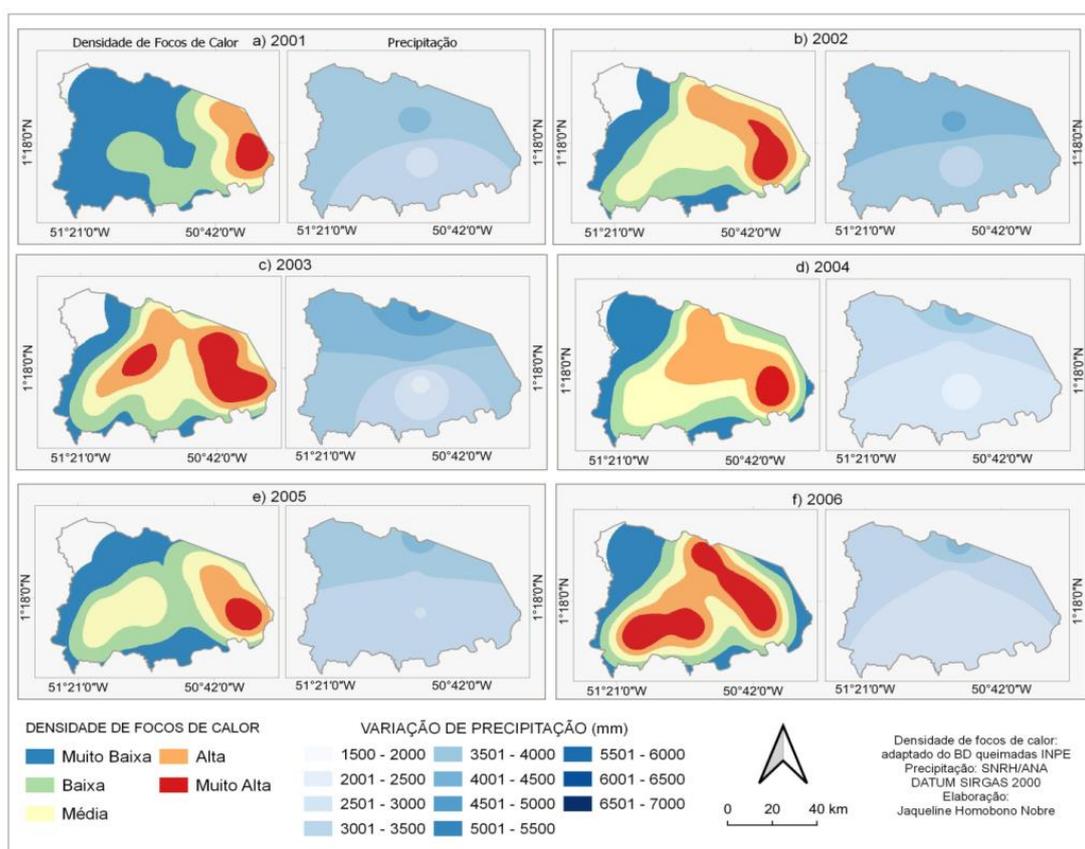


Figura 4 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2001 a 2006 para o município de Tartarugalzinho.

Fonte: autores, 2023.

Entretanto, embora o ano de 2003 tenha uma média anual de precipitação superior aos demais anos destacados na Figura 4, 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 do Quadro 1, que indica a presença de El Niño Moderado em 2002 e 2003. Sendo o El Niño responsável pela redução da precipitação.

Na Figura 4f (2006), observa-se um aumento significativo na extensão da área com densidade de focos de calor classificada como muito alta, mesmo com a ocorrência de um El Niño fraco. Além disso, destaca-se uma ampla área com baixa precipitação, média anual (1.001 a 2.500 mm), de acordo com os parâmetros do município de Tartarugalzinho.

Ao observar as densidades de focos de calor na Figura 5 identificou-se que em 2006 (Figura 5f) possui duas grandes áreas da classe muito alta de densidade de focos de calor e que neste ano, houve a ocorrência de El Niño Fraco.

A Figura 5 aborda o intervalo de 2007 a 2012, revelando a presença da maior média de precipitação em dois anos específicos: 2007 (Figura 5a), variando de 2001 a 2500 mm até 6501 a 7000 mm e 2009 (Figura 5c), variando de 1500 a 2000 mm até 6501 a 7000 mm. Neste caso 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 5a), a classe de densidade de focos de calor muito alta está localizada na região sudoeste do município, divergindo do padrão observado em Tartarugalzinho.

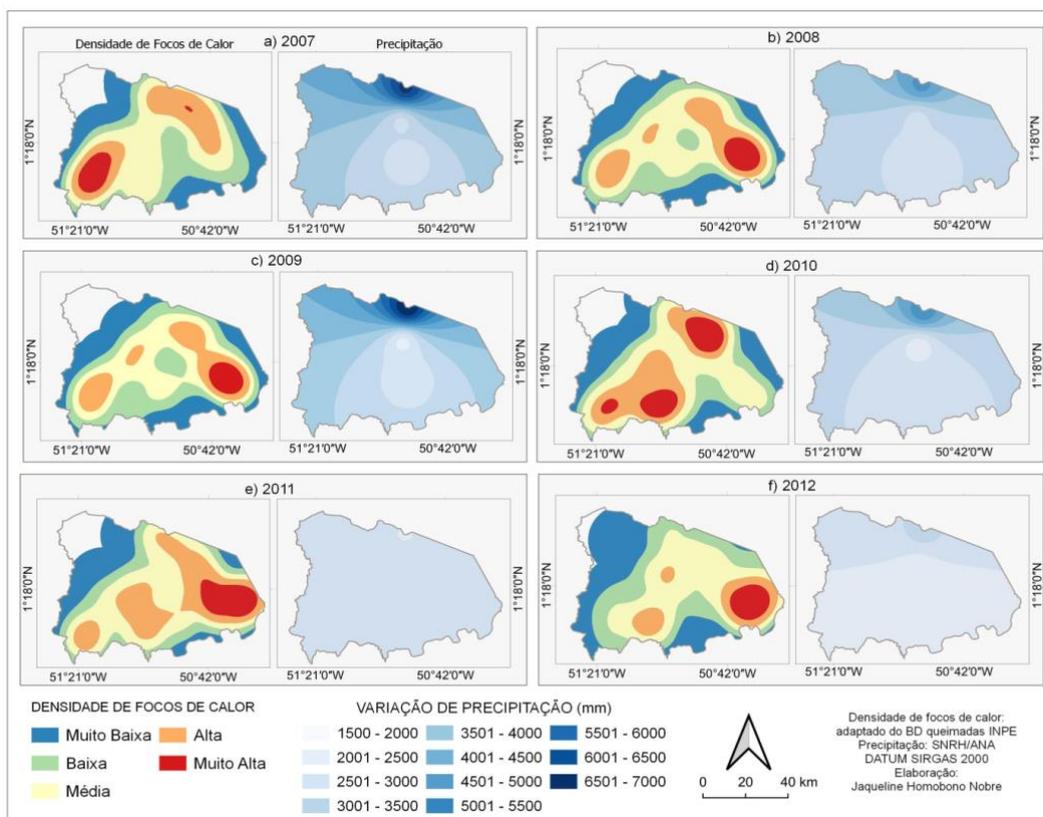


Figura 5 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2007 a 2012 para o município de Tartarugalzinho
 Fonte: autores, 2023.

Visualmente, a Figura 5, referente aos anos de 2011 (Figura 5e) e 2012 (Figura 5f), 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.

A Figura 6, que aborda o período de 2013 a 2017, destaca de forma mais clara a diminuição na média anual de precipitação, especialmente em 2015, quando ocorreu a maior queda, com variações entre 1.500 e 2.000 mm, em comparação com as médias anuais da Figura 5, que variaram de 2.001 a 2.500 mm. Vilhena, Silva e Freitas (2018) relatam que o evento extremo de estiagem registrado em 2015 está relacionado ao El Niño, resultando em um déficit pluviométrico que se prolongou por até cinco meses. Quanto aos focos de calor, é importante notar a presença de uma área altamente concentrada com densidades de focos classificadas como muito alta, alta e média, localizada na região leste do município.

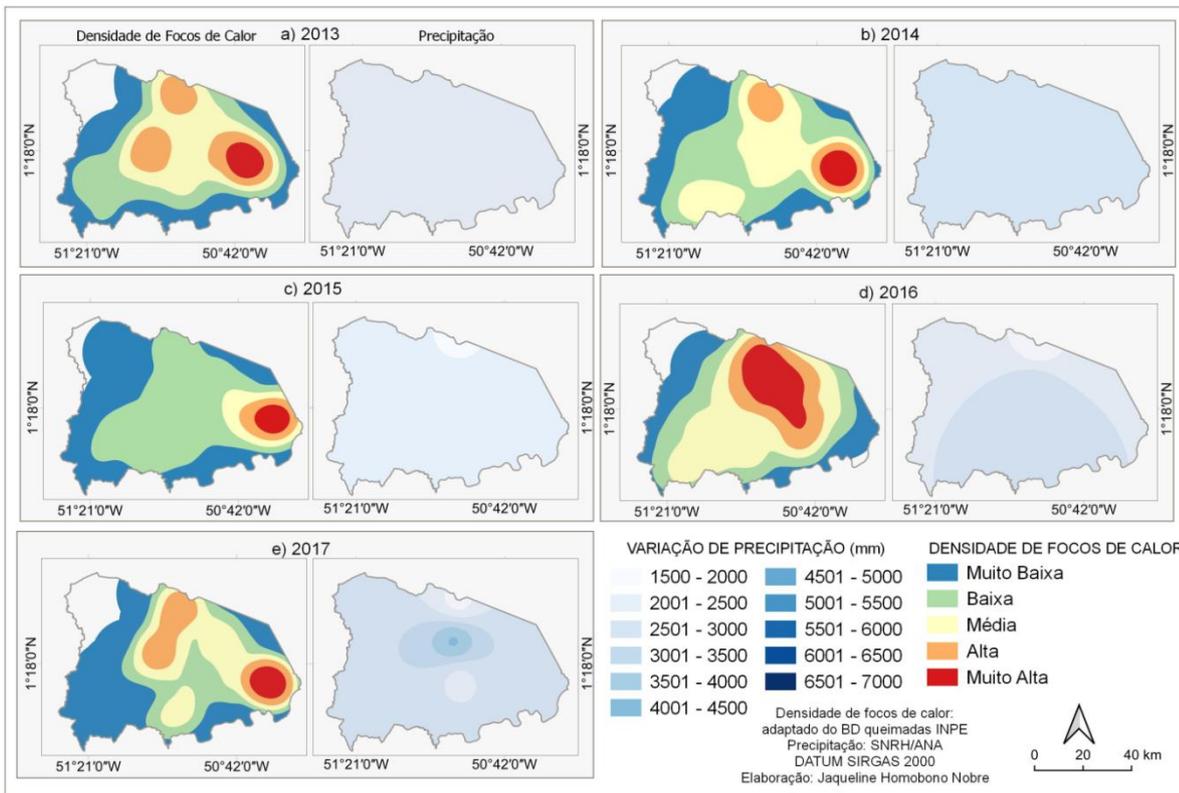


Figura 6 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2013 a 2017 para o município de Tartarugalzinho. Fonte: autores, 2023.

No ano de 2016 (Figura 6d), 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 7 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 7e) ocorre a menor média anual, variando de 1500 a 2000 mm.

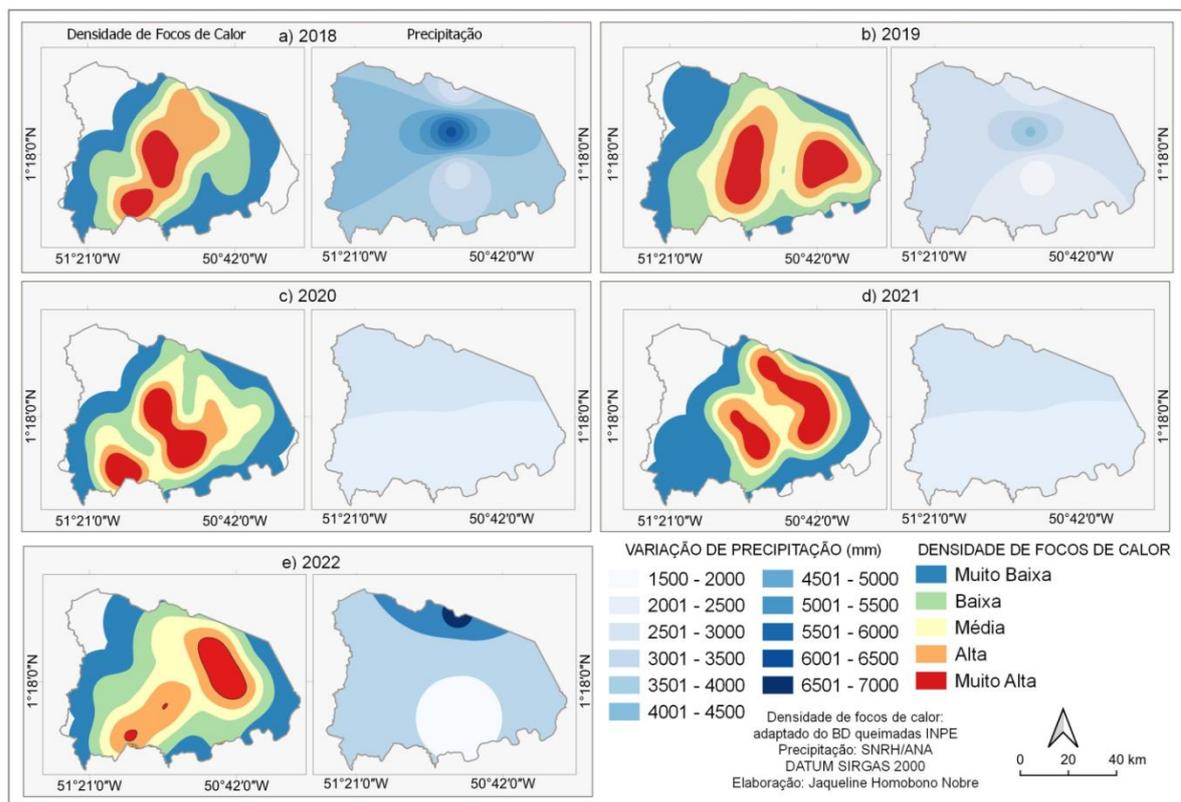


Figura 7 - Densidade de focos de calor e precipitação anual no período de 2016 a 2022 para o município de Tartarugalzinho. Fonte: autores, 2023.

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.

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.

4 CONCLUSÃO

A análise do período de 2001 a 2022 trouxe importantes conclusões sobre a dinâmica espaço-temporal dos focos de calor no município de Tartarugalzinho/AP, evidenciando correlações significativas entre os dados examinados. A espacialização revelou que as áreas de desmatamento, especialmente aquelas situadas em assentamentos rurais e ao longo da BR-156, coincidem com zonas de alta e média densidade de focos de calor. Esses resultados indicam que o desmatamento não apenas contribui diretamente para a ocorrência de queimadas, mas também intensifica sua concentração, particularmente em áreas sob forte pressão antrópica.

Os dados climáticos reforçaram a relação entre os eventos extremos, como o El Niño, e a dinâmica dos focos de calor. Durante períodos de estiagem acentuada, como os associados ao El Niño em 2015 e 2016, observou-se uma significativa redução da precipitação anual, que coincidiu com um aumento nas áreas de densidade muito alta de focos de calor. Por outro lado, anos de maior pluviosidade, influenciados por eventos de La Niña, apresentaram diminuição relativa na densidade de queimadas, embora ainda fossem perceptíveis em regiões de maior pressão antrópica.

A correlação entre desmatamento, focos de calor e variabilidade pluviométrica reforça a necessidade de considerar tanto fatores climáticos quanto antrópicos para entender a dinâmica ambiental da região. A análise indicou que o desmatamento é mais expressivo em áreas com densidade de focos de calor classificada como média e alta, representando 91,32 km² e 85,45 km², respectivamente, ao longo do período. Essa sobreposição reflete a intensidade das práticas humanas nas mudanças da cobertura do solo e nas queimadas.

Portanto, a espacialização dos dados forneceu uma visão integrada que evidencia a complexidade das interações entre o desmatamento, a variabilidade climática e os focos de calor. Esses resultados são essenciais para subsidiar políticas públicas voltadas à gestão ambiental, conservação de áreas críticas e mitigação dos impactos das mudanças climáticas na Amazônia.

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. 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.

AMAPÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **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.

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.; FER- NANDES, 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.

BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, 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.

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, WILLI-AMS 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.

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

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?e59a-4138-b568e1f00df81ead&groupId=185960>. Acesso: 15 outubro 2021.

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.

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.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

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.

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

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).

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).

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.

LYRA, A. A. **Estudo de vulnerabilidade do bioma Amazônia aos cenários de mudanças climáticas**. Dissertação (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos, p.128, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JM KD3MGP3W34P/3K3ATEL>>. Acesso em: 05 de abri. de 2021.

MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H. & DIAS, B. F. S. **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 187p. 1996.

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>.

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

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

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.

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**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás/UFG, 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 Janeiro/Dezembro – 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.

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.

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.

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