

**MONITORIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE FOCOS DE INCÊNDIOS DA AMAZÔNIA
LEGAL MARANHENSE NOS MUNICÍPIOS DO VALE DO PINDARÉ-MA**

**MONITORING OF FIRE OUTBREAKS IN THE LEGAL AMAZON REGION OF
MARANHÃO IN THE MUNICIPALITIES OF THE PINDARÉ-MA VALLEY**

**MONITOREO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA AMAZONIA LEGAL DE
MARANHÃO EN LOS MUNICIPIOS DEL VALLE DEL PINDARÉ-MA**



10.56238/revgeov17n1-148

Angela Maria Corrêa Mouzinho Santos

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

E-mail: angela.mouzinho@ifma.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8680-1391>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7311926069937014>

Eva Dayna Felix Carneiro

Doutora em História Social da Amazônia

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

E-mail: eva.carneiro@ifma.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8225-5717>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3744640013966658>

Antonio Marcos Nogueira Sodré

Mestre em Ensino de Biologia

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

E-mail: antonio.nogueira@ifma.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-0421-0616>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9073880966893941>

Ronilson Lopes Brito

Doutorando em Química

Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

E-mail: ronilson.brito@ifma.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-6327-0881>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2903831956104007>

Franscristhiany Silva Souza

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

E-mail: frans_msc@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8674-1552>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3758234503391827>



Flavio Evangelista Silva

Graduando em Engenharia da Computação
Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)
E-mail: flavio.e@acad.ifma.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-1370-6826>
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3352524715596548>

Paulo Henrique Amorim Martins

Graduando em Engenharia da Computação
Instituição: Instituto Federal do Maranhão (IFMA)
E-mail: amorimm@acad.ifma.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4549-8364>
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9102897090850222>

RESUMO

A Microrregião do Vale do Pindaré possui 22 municípios, este nome é dado a um dos mais extensos e importantes rios do Maranhão, o Pindaré. Este estudo teve como objetivo analisar as ocorrências de queimadas nos municípios do Vale do Pindaré que fazem parte da Amazônia Legal. A metodologia adotada, optou-se pela coleta de informações nas bases de dados: Banco de dados de Meteorologia - BDMEP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE, Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC no período de 2018- 2022. Verificou-se no BDQueimadas e Banco de Informações Ambientais - BDIA que os municípios Santa Luzia, Buriticupu e Bom Jardim tiveram o maior número de focos de incêndio, devido às características fitoecológicas e a predominância de Floresta Ombrófila Densa. Já os municípios de Tufilândia e Pindaré Mirim apresentaram menores focos, exibindo uma região predominante de Floresta Ombrófila Aberta. Observou-se que a maioria dos municípios possuem atividades agropastoris e utilizam o fogo para limpar os pastos devido ao seu baixo custo. Verificou-se que no primeiro semestre há uma maior precipitação média e temperaturas médias mais baixas e no segundo semestre, isso se inverte. Portanto, as variáveis temperatura, precipitação pluviométrica, cobertura vegetal e atividades agropastoris podem influenciar significativamente no aumento de focos de incêndio. Implementar ações de controle ambiental e prevenção dos focos de incêndio é necessário para o desenvolvimento sustentável e equilíbrio ecológico dessas comunidades.

Palavras-chave: Queimadas. Análise. Amazônia Legal. Vale do Pindaré.

ABSTRACT

The Microregion of the Pindaré Valley comprises 22 municipalities and is named after one of the longest and most important rivers in Maranhão, the Pindaré River. This study aimed to analyze the occurrence of wildfires in the municipalities of the Pindaré Valley that are part of the Legal Amazon. The adopted methodology involved collecting information from the Meteorology Database - BDMEP, National Institute for Space Research - INPE, Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE, Institute of Applied Economics - IPEA, Center for Weather Forecasting and Climate Studies - CPTEC for the period 2018-2022. The BDQueimadas and Environmental Information Bank (BDIA) verified that the municipalities of Santa Luzia, Buriticupu, and Bom Jardim had the highest number of fire outbreaks, due to their phytoecological characteristics and the predominance of Dense Ombrophilous Forest. Meanwhile, the municipalities of Tufilândia and Pindaré Mirim recorded the lowest number of



outbreaks, reflecting a region predominantly composed of Open Ombrophilous Forest. It was observed that most municipalities engage in agropastoral activities and use fire to clear pastures due to its low cost. The analysis also revealed that the first semester has higher average rainfall and lower temperatures, whereas in the second semester the situation is reversed. Therefore, the variables temperature, rainfall, vegetation cover, and agropastoral activities may significantly influence the increase in fire outbreaks. Implementing environmental control and fire prevention measures is essential for sustainable development and the ecological balance of these communities.

Keywords: Burnings. Analysis. Legal Amazon. Pindaré Valley.

RESUMEN

La Microrregión del Valle del Pindaré está compuesta por 22 municipios y recibe este nombre por uno de los ríos más extensos e importantes de Maranhão, el río Pindaré. Este estudio tuvo como objetivo analizar la ocurrencia de quemas en los municipios del Valle del Pindaré que forman parte de la Amazonia Legal. La metodología adoptada consistió en la recopilación de información en las bases de datos Base de datos meteorológica (BDMEP), Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE), Instituto de Investigación Aplicada (IPEA), Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC) en el período 2018-2022. Se verificó en la BDQueimadas y en la Base de Datos Ambientales (BDiA) que los municipios de Santa Luzia, Buriticupu y Bom Jardim presentaron el mayor número de focos de incendio, debido a sus características fitoclimáticas y a la predominancia de Bosque Ombrófilo Denso. Por otro lado, los municipios de Tufilândia y Pindaré Mirim registraron los menores focos, exhibiendo una región predominantemente de Bosque Ombrófilo Abierto. Se observó que la mayoría de los municipios desarrollan actividades agropecuarias y utilizan el fuego para limpiar los pastos debido a su bajo costo. Además, se constató que en el primer semestre ocurre una mayor precipitación media y temperaturas más bajas, mientras que en el segundo semestre esta situación se invierte. Por lo tanto, las variables temperatura, precipitación pluvial, cobertura vegetal y actividades agropecuarias pueden influir significativamente en el aumento de los focos de incendio. Implementar acciones de control ambiental y prevención de incendios es esencial para el desarrollo sostenible y el equilibrio ecológico de estas comunidades.

Palabras clave: Quemadas. Análisis. Amazonia Legal. Valle del Pindaré.



1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios do nosso país está relacionado ao crescimento populacional proveniente do acelerado processo de urbanização das cidades e acaba afetando também as populações da zona rural, pois segundo os dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, as áreas consideradas urbanas no Brasil representam menos de 1% do território nacional e concentram 160 milhões de pessoas, ou seja, 84,3% da população brasileira (Faria *et al.*, 2017). Esse crescimento populacional, que tem ocorrido nos últimos quarenta anos, tem produzido impactos significativos na população e principalmente no meio ambiente, reduzindo a qualidade de vida e degradando os recursos naturais.

Com o crescimento populacional, várias áreas agricultáveis estão sendo exploradas para o cultivo de produtos alimentícios e, conseqüentemente, são desflorestadas e algumas utilizam a queimada para retirar o material do local. Algumas queimadas são controladas e outras feitas de qualquer maneira. Além disso, outros fatores naturais também provocam as queimadas devido ao clima seco, e as acidentais que são ocasionadas pela própria população que descarta resíduos nesses ambientes como: vidro, pontas de cigarro ou materiais inflamáveis que originam focos de incêndio nesses locais.

De acordo com o INPE (2024), em 2024, o Maranhão foi o 6º estado brasileiro com maior número de focos de incêndio, e em 2023 ocupou o 2º lugar, devido a estiagem prolongada, o capim seco torna-se um bom combustível para incêndios florestais. As chamas chegam até quatro metros de altura e avançam rapidamente, trazendo destruição para a fauna, flora e os habitantes desses locais que sofrem com a fumaça que adentra suas residências, provocando problemas respiratórios.

O Vale do Pindaré possui 22 municípios com 666.083 habitantes em uma área de 36.000,996 km², e densidade populacional de 18,6 hab./km² (IBGE, 2023). Os municípios, devido ao seu potencial agropecuário e extrativo, sofrem com grilagens, extração ilegal de materiais nessas áreas, expansão da área agrícola e pastoreira, invasão de Terras Indígenas (TIs) e de Áreas de Preservação Ambiental (APAs), e conseqüentemente surgem desflorestamentos e queimadas nesses locais.

Diante dos fatos relatados sobre a incidência de focos de incêndios nessas localidades, este estudo teve como objetivo analisar e avaliar as ocorrências das queimadas nos municípios do Vale do Pindaré que fazem parte da Amazônia Legal Maranhense nos períodos de 2018 a 2022. Além disso, realizou-se um levantamento das ocorrências de queimadas utilizando as bases de dados do INPE, IPEA, IBGE, Portal da Amazônia, BDMEP, CPTEC nos últimos cinco anos. Logo após, caracterizou-se as variáveis físicas relacionadas ao perigo de incêndios florestais. Para isso, foram utilizadas ferramentas de georreferenciamento e localização, como *Google Maps*¹, *Ambiental Geo*² e *Forest-gis*³,

¹ www.google.com/maps

² <https://geosgb.sgb.gov.br/>

³ <https://forest-gis.com/>



para identificar as áreas propensas a focos de incêndio. Em seguida, foi realizada uma avaliação e comparação dos dados dos mapas de perigo fornecidos pelos órgãos institucionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A relação do homem com o fogo passou por três estágios distintos: a produção pelo homem, a manutenção mediante o uso de fogueiras, e a utilização de resinas, para que este não apagassem tão facilmente quando as tochas acesas eram carregadas. Arqueólogos israelenses descobriram o indício mais antigo de uma fogueira produzida há 790 mil anos, às margens do rio Jordão, entre Israel e a Jordânia (FIO CRUZ, 2023). Este recurso tem várias utilidades como no preparo de alimentos, produção de qualquer material para as indústrias, aquecimento de ambientes e também na agricultura. Depois disso, o fogo foi necessário inclusive no setor agrícola, pois sem nenhum custo, seria eficiente e acessível. Porém, o uso indiscriminado e a intensidade das queimadas para abrir áreas para a agricultura tornou-se um grave problema ambiental.

Os biomas, especialmente aqueles mais fragilizados em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, nas últimas décadas tem sofrido com as ações antrópicas, que associadas a causas naturais, vêm causando sérios riscos à manutenção do equilíbrio do meio ambiente. Inerente a esses fatores, podemos destacar os incêndios florestais, cuja ação impacta os sistemas ambientais ocasionando prejuízos à sustentabilidade do meio.

O incêndio florestal é a ocorrência do fogo em qualquer forma vegetativa sem controle e pode ser causado por diversas formas, tanto, as naturais e também por ações antrópicas. Essas ações podem ser de caráter criminoso, acidental ou inesperado. As principais causas relacionadas são: as variáveis climáticas, material combustível característico da área, relevo, quedas de raios ou calor excessivo; incendiários; queimas agrícolas ou florestais; caçadores, pescadores e turistas; abertura de estradas; entre outros (INBRAEP, 2023). Desse modo, surgem preocupações relativas à prevenção, principalmente de quem trabalha à frente de projetos de plantios comerciais empregando a queima controlada e nas unidades de conservação (Nogueira *et al.*, 2002).

A Queima controlada é a aplicação científica do fogo em combustíveis, tanto no estado natural como alterado sob condições determinadas, de tal forma que o mesmo seja confirmado a uma área pré-determinada e produza a intensidade de calor e a taxa de propagação para favorecer certos objetivos do manejo, ou seja, a queima controlada é o uso do fogo de forma planejada para se atingir um determinado objetivo como, por exemplo: limpeza de uma pastagem; redução do material combustível; melhoria do habitat para a fauna; controle de espécies não desejáveis e redução de risco de propagação do fogo (INBRAEP, 2023).

Por outro lado, a intervenção no combate ao incêndio é dividida em seis passos, segundo Tetto, Soares e Batista (2001) (apud Silva, 2021, p. 5):



1. Detecção: tempo decorrido entre a ignição ou início do fogo e o momento que ele é visto por alguém;
2. Comunicação: tempo compreendido entre a detecção do fogo e o recebimento da informação pela pessoa responsável pela ação de combate;
3. Mobilização: tempo gasto entre o recebimento da informação da existência do fogo e a saída do pessoal para o combate;
4. Deslocamento: tempo compreendido entre a saída do pessoal de combate e a chegada da primeira turma ao local do incêndio;
5. Planejamento para o combate: Tempo gasto pelo responsável pelo combate para avaliar o comportamento do fogo e planejar a estratégia de combate;
6. Combate ao incêndio: tempo consumido na operação de combate ou eliminação definitiva do incêndio, incluído o rescaldo.

Seguindo os passos para uma boa intervenção no combate ao incêndio em áreas florestais, teria um dano muito menor ao meio ambiente. No Maranhão, observou-se que a extensão territorial da Amazônia Legal maranhense aumentou em 2021, e incluiu vários municípios maranhenses totalizando uma área de 5.015.067,86 km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro, e nela residem 56% da população indígena brasileira (IBGE, 2021).

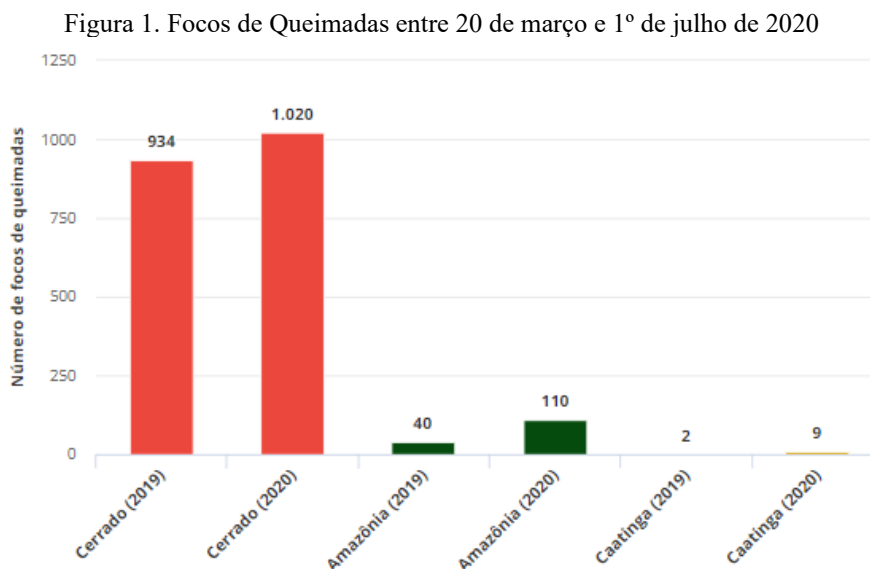
O conceito de Amazônia Legal foi instituído em 1953 e seus limites territoriais decorrem da necessidade de planejar o desenvolvimento econômico da região e, por isso, não se resumem ao ecossistema de selva úmida, que ocupa 49% do território nacional e se estende também pelo território de oito países vizinhos. Os limites da Amazônia Legal foram alterados várias vezes em consequência de mudanças na divisão política do país e foi lançado o Plano Amazônia Sustentável (PAS), pelo governo federal, que considera integralmente o Estado do Maranhão como parte da Amazônia Brasileira (IPEA, 2008). Mas de acordo com censo realizado pelo IBGE em 2021, o Maranhão é o Estado com o maior número de municípios pertencentes na Amazônia Legal com 181 dos 217, ou seja, 79,3% do seu território (IBGE, 2021).

Com o aumento da extensão da Amazônia Legal no Maranhão, os órgãos públicos devem intensificar a prover projetos para diminuir os impactos ambientais nestas áreas. Pois a maioria dessas áreas tem recursos naturais em abundância, e a má gestão desses recursos podem trazer vários prejuízos ao meio ambiente, como os desflorestamentos, invasão em áreas indígenas e quilombolas, avanço da agropecuária e das queimadas.

Em 2020, a região mais afetada pelos incêndios foi o sul do Maranhão, onde predomina o setor agropecuário. Mas percebe-se que outros municípios que compõem a Amazônia legal Maranhense do mesmo modo sofrem com incêndios florestais, houve um crescimento de 40 focos em 2019 para 110



focos em 2020 (INPE, 2023), além dos fatores naturais, as ações antrópicas também favorecem para esse aumento como: a expansão da lavoura, da pecuária, imobiliária, agravando ainda mais o meio ambiente (Figura 1).



Fonte: INPE, 2023.

Para prevenir e combater os focos de incêndio nessas áreas, as tecnologias podem representar um avanço a diminuir esses incidentes. E também a informação por equipes treinadas em repassar ao pequeno, médio e grande agricultor as boas maneiras de fazer a queima controlada, pois muitos desses agricultores não conhecem a técnica e acabam provocando grandes incêndios.

Assis e seus colaboradores (2014) apresentou no seu artigo que as geotecnologias é um importante recurso em auxiliar na detecção das queimadas, localizando os focos e quantificando e analisando as áreas onde ocorrem incêndios. Portanto, com o grande avanço da ciência na tecnologia, principalmente no conhecimento aeroespacial e georreferenciamento. Enquanto, Tomzhinski, Coura e Couto (2011), retrata várias maneiras que essas tecnologias podem ser exploradas para detectar esses focos de incêndios, com por exemplo, na vigilância terrestre, posto de observação ou monitoramento por imagens de satélites.

Quando os incêndios são provocados estes geram impactos ao meio ambiente e prevê penalidades aos infratores. A Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, estabelece penas para danos provocados por incêndios florestais (Brasil, 1998), diz que:

Art 41 – Provocar incêndio em mata ou floresta: Pena – reclusão, de dois a quatro anos, e multa. Parágrafo único. Se o crime é culposo, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa.

Além da Lei de Crimes Ambientais, o código penal brasileiro também determina no artigo 250 "que causar incêndio, expondo a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio de outrem é

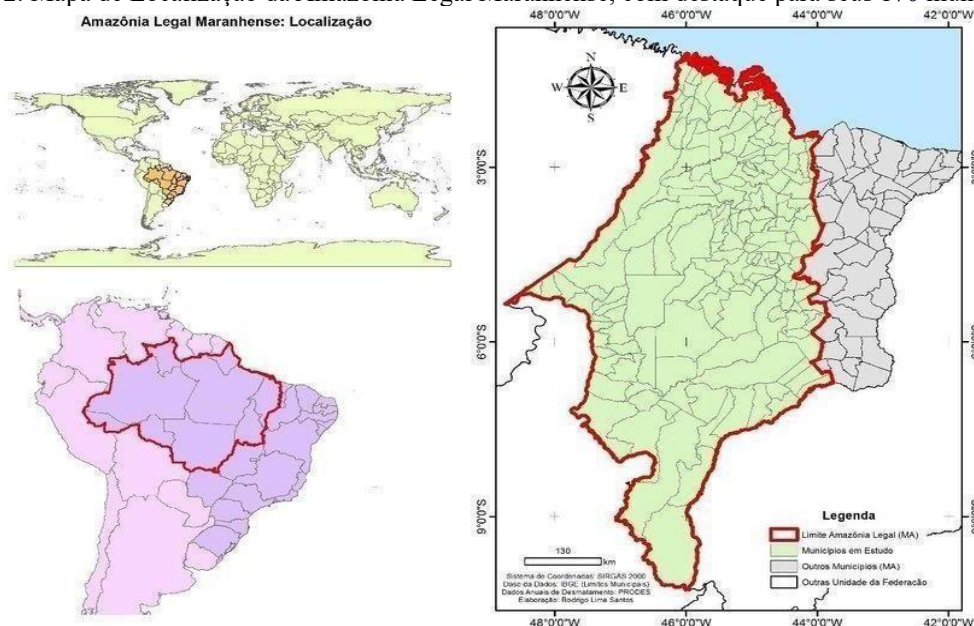


considerado crime de perigo comum, com pena - reclusão, de 03 a 06 anos, e multa. No inciso II do parágrafo 1º, exige o aumento de pena em um terço se o incêndio for em lavoura, pastagem, mata ou floresta" (Brasil, 1940).

3 METODOLOGIA

A área de estudo é a Microrregião do Vale do Pindaré, que faz parte da Amazônia Legal Maranhense. Em 2017, como demonstra a Figura 2, existiam 170 cidades, e atualmente foram incorporadas mais 11, totalizando 181 municípios que fazem parte dessa região (IBGE, 2023). A Região de Planejamento do Pindaré é uma das 32 regiões administrativas do Estado do Maranhão, no Brasil, sendo a maior em número de municípios e uma das maiores em extensão territorial. Apesar disso, é o vigésimo mais densamente povoado e leva este nome relacionado a um dos mais extensos e importantes rios do Maranhão, o Pindaré (SEPLAN, 2008).

Figura 2. Mapa de Localização da Amazônia Legal Maranhense, com destaque para seus 170 municípios.



Fonte: Santos; Nunes, 2017.

Inicialmente foi realizado uma pesquisa descritiva nas principais bases de dados sobre as queimadas na Amazônia Legal Brasileira com foco na região maranhense baseado na metodologia bibliográfica encontrada em livros, artigos, monografias, dissertações, teses e revistas nas bases de dados do Periódicos da Capes, *Scielo*, *Google Acadêmico*, *Web of Science*. E nas revistas específicas foi utilizado os seguintes termos: “queimadas”, “incêndio”, “Amazônia legal”, “biomas maranhenses”, “desflorestamento”. Entretanto, foram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão: publicações provenientes de anais de eventos, conferências, estudos duplicados e que não se relacionam adequadamente com o objetivo do estudo em relação à sua contribuição.

Para avaliar e analisar os focos de incêndio na região realizou-se uma pesquisa exploratória qualitativa e quantitativa com base no Banco de Dados Meteorológico de Ensino e Pesquisa, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Banco de Dados de Queimadas do Posto de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e no Portal da Amazônica, em forma de *shapefile* (formato vetorial comum de arquivo utilizado por Sistemas de Informações Geográficas - SIG, contendo dados geoespaciais) no período de 2018 a 2022 foram analisados quantidade de focos de queimadas, mês da ocorrência, distribuição anual dos incêndios, causas das ocorrências. Foram coletadas as variáveis físicas de perigo a incêndios florestais na região do Vale do Pindaré: Uso da terra e cobertura vegetal utilizando imagens do satélite ResourceSat, sensor “LIS3”, órbita Polar Heliossíncrona; Precipitação Pluviométrica, Temperatura. Para a análise dos dados de focos de calor foram estudados a partir de imagens dos satélites fornecidos pelo site do INPE.

Os dados coletados foram avaliados através da análise estatística descritiva em Planilha do programa da Microsoft Office EXCEL 2013, e iniciou-se o procedimento de interpretação das informações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Instituto Humanitas Unisinos (2023)⁴, no Maranhão, houve uma alta de quase 22% de 2021 para 2022, com mais de 3 mil focos apontados no ano passado. Somente durante o mês de dezembro foram registrados 617 focos de queimadas.

A partir da análise dos resultados coletados no Banco de dados de Queimadas do INPE (2023), verificou-se que entre os Municípios do Vale do Pindaré que fazem parte da Amazônia Legal: Santa Luzia, Buriticupu e Bom Jardim tiveram os maiores números de focos de incêndios entre os anos de 2018 a 2022. Conforme demonstrado na Tabela 1.

⁴ <https://ihu.unisinos.br/categorias/>



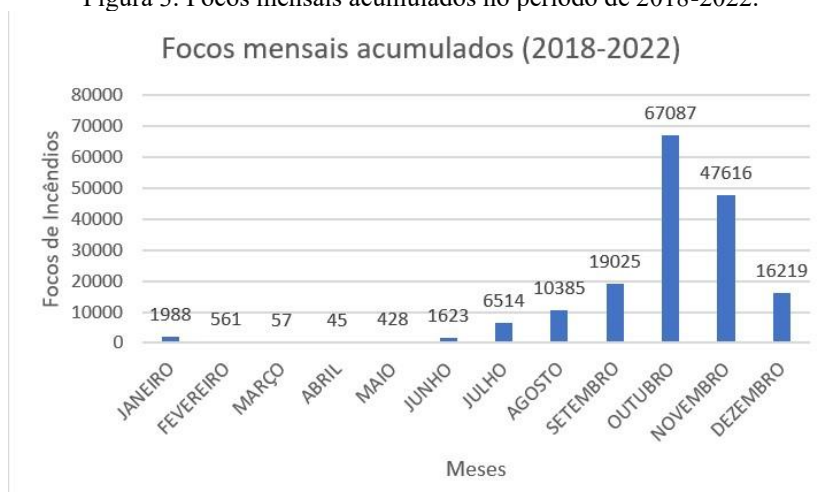
Tabela 1. Focos de incêndios anuais dos Municípios do Vale do Pindaré que fazem parte da Amazônia legal Maranhense.

Municípios	2018	2019	2020	2021	2022
Altamira do Maranhão	399	725	693	239	531
Alto Alegre do Pindaré	884	2008	1738	1326	1953
Bom Jardim	2070	5305	5614	3876	6849
Bom Jesus das Selvas	1650	3583	3027	1914	4501
Brejo de Areia	750	1881	925	1169	1683
Buriticupu	2956	4247	4344	6548	6039
Governador Newton Bello	372	754	1008	400	606
Lagoa Grande do Maranhão	1085	1417	371	1389	2121
Lago da Pedra	1205	2025	1428	1500	1774
Marajá do Sena	1872	3451	1950	2457	4249
Nova Olinda do Maranhão	230	561	1617	396	609
Pindaré-Mirim	64	164	260	121	215
Presidente Médici	222	600	414	321	387
Santa Inês	234	410	718	316	324
Santa Luzia	3945	6648	4101	5011	7634
Santa Luzia do Paruá	287	723	483	234	445
São João do Carú	347	727	711	304	512
Tufilândia	121	157	240	128	148
Vitorino Freire	303	1138	862	503	911
Zé Doca	434	1748	2302	1136	2064

Fonte: INPE, 2023.

A cidade de Santa Luzia lidera o ranking com um total de 27.339 focos de incêndios, Buriticupu com 24.134 e Bom Jardim com 23.714. Os três municípios juntos correspondem a 43,82% dos focos de todos os 22 municípios que fazem parte da Amazônia legal no Vale do Pindaré, com um total de 171.548 focos de incêndios no intervalo de cinco anos (2018-2022). Foi calculado a média de focos por km² e observou-se que o município de Buriticupu obteve o maior valor médio, tendo 9,48 focos de incêndio/km², Santa Luzia com 5,65 focos/km² e Bom Jardim com 3,60 focos de incêndios/km². Além disso, notou-se que a incidência de focos aumenta consideravelmente a partir do mês de julho, tendo seu pico no mês de outubro, como mostrado na Figura 3.

Figura 3. Focos mensais acumulados no período de 2018-2022.



Fonte: INPE, 2023.

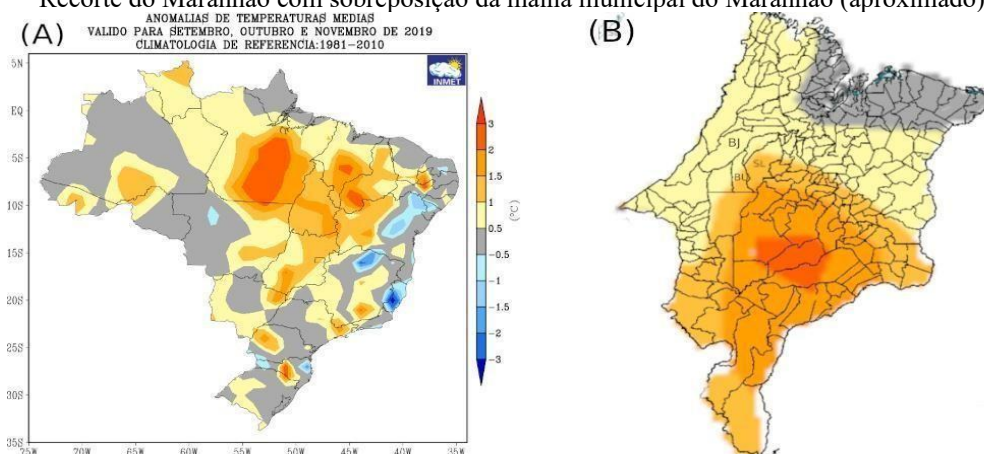


De acordo com o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão - PPCD/MA (2011), na Amazônia Legal Maranhense o desmatamento está ligado a atividades ilícitas e/ou práticas não sustentáveis proveniente de setores econômicos primários (pecuária, agricultura, extrativismo vegetal e mineração) e secundários (siderurgia, madeireiro, construção civil e outros).

Conforme demonstrado na Figura 4, foram analisados os mapas mensais de anomalia de temperatura média do banco de dados de Monitoramento da Temperatura do INMET. Percebeu-se que durante esses cinco anos, a média de temperatura é consideravelmente mais elevada no segundo semestre (nos meses de agosto a dezembro) em todos os municípios do Vale do Pindaré. O Clima da região, segundo a classificação de Köppen (Köppen; Geiger, 1928), é do tipo Af (tropical úmido) com verão chuvoso e inverno seco, apresenta precipitação média de pelo menos 60 mm em cada mês. As temperaturas médias anuais são superiores a 22 °C e a média do mês mais frio é superior a 18 °C.

De acordo com os estudos de Corrêa e colaboradores (2023) na classificação de Köppen, realizaram uma atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado do Maranhão, onde o Clima Tropical obteve as seguintes características: Climas megatérmicos, temperatura média anual no mês mais frio, com 18 °C; estação invernal ausente, com precipitação anual superior e evapotranspiração no clima tropical. No código “f” com clima úmido, ocorre precipitação em todos os meses do ano, inexistência de estação seca definida e precipitação do mês mais seco com mais 60 mm e chuvas de outono e inverno, com verão seco.

Figura 4. (A) Anomalias de temperatura média dos meses de setembro, outubro e novembro de 2019, no Brasil. (B) Recorte do Maranhão com sobreposição da malha municipal do Maranhão (aproximado).



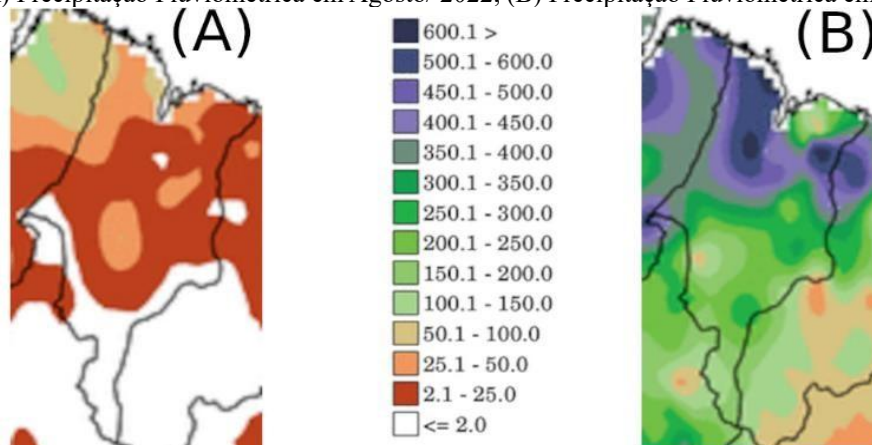
Fonte: INMET, 2024.

Portanto, o segundo semestre do ano é mais quente e tem como características poucas chuvas e ventos fortes que contribuem para que os focos de incêndio se transformem em incêndios e queimadas. Observou-se também que o capim seco e a quantidade de ventos que ocorrem nesse período, as chamas podem chegar até quatro metros de altura e avançam rápido trazendo destruição ao



bioma desse local. A população fica mais vulnerável as queimadas devido ao aumento de problemas respiratórios que aumentam nesse mesmo período. Os dados analisados do CPTEC (2024) sobre os mapas de precipitação pluviométrica no Brasil, percebeu-se que os meses de dezembro a maio, possuem em média de precipitação pluviométrica consideravelmente maior quando comparada aos outros seis meses do ano de junho a novembro, e esse padrão se repete durante os cinco anos analisados. Conforme mostrado na Figura 5.

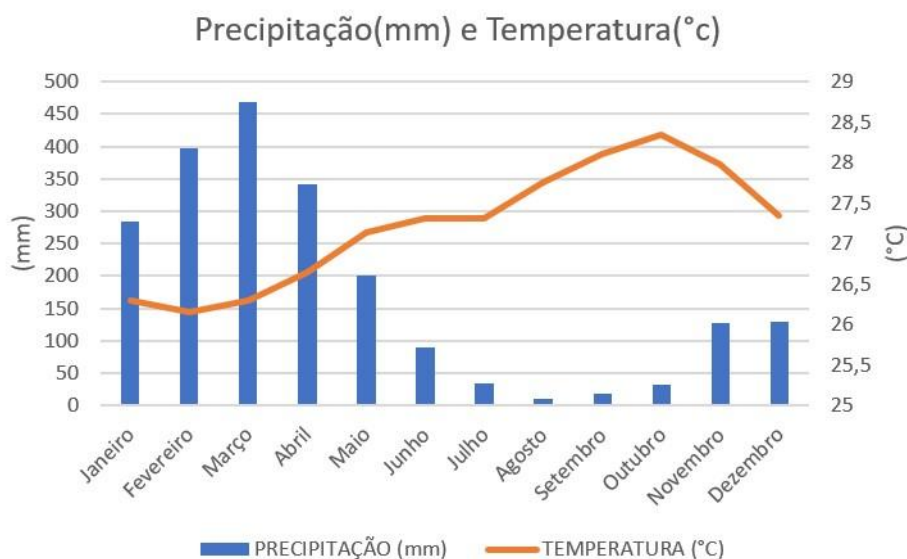
Figura 5. (A) Precipitação Pluviométrica em Agosto/ 2022, (B) Precipitação Pluviométrica em Março / 2022.



Fonte: CPTEC, 2024.

Os meses que tem precipitação mais elevada, citados anteriormente, também são os meses com baixa temperatura e baixos números de focos de incêndios, além disso, observou-se que no mês de março se concentra a maior precipitação média e outubro maior temperatura média. Podendo ser corroborado pela coleta de dados climatológicos da única estação convencional do Vale do Pindaré, estação ZE DOCA - Código da Organização Meteorológica Mundial - OMM:82376 (INMET, 2024) conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6. Precipitações e temperaturas médias mensais no período de 2018-2022.



Fonte: INMET, 2024.

Além disso, é importante destacar que Silva e colaboradores (2016) analisaram em seu trabalho:

Em relação à temperatura, o comportamento é homogêneo, ou seja, todas as estações registraram a tendência de aumento, de forma intensa e estatisticamente significativa. Em relação à precipitação, a estação de Zé Doca no bioma amazônico e a estação de Carolina no bioma do cerrado apresentaram tendências de diminuição na precipitação no período seco.

O período seco na região da Amazônia e na região adjacente do Cerrado geralmente estão relacionadas a eventos El Niño e/ou temperaturas da superfície do mar no Atlântico Norte Tropical mais quentes que o normal. Esses aumentos de temperatura oceânica favorecem a ocorrência de déficits hídricos regionais anômalos, temperaturas mais quentes e temporadas intensas de incêndios. Esse foi o caso das secas excepcionais na Amazônia em 2005, 2010, 2015, 2016 (Aragão *et al.*, 2007) e no Pantanal 2019–2020 (Jimeinez *et al.*, 2021).

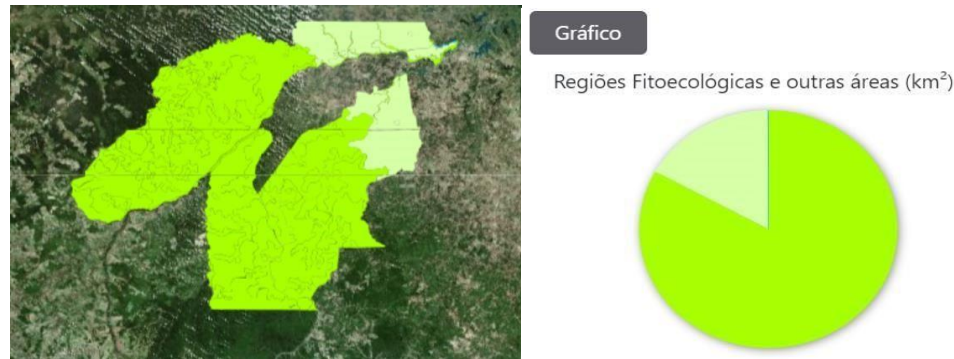
Conforme Marengo *et al.* (2022), as tendências de longo prazo das variáveis de temperatura do ar e evaporação mostram que as condições secas se intensificaram durante as últimas duas décadas, sugerindo aumento do estresse hídrico na vegetação. As estações seca e seca-úmida no leste da Amazônia Maranhense estão se tornando cada vez mais longas, mais quentes e mais secas.

Desde 1992, o IBGE, estimou a extensão dos tipos de vegetação do Brasil, classificados em regiões fitoecológicas e áreas de vegetação. Então, verificou-se o tipo de vegetação presentes no Vale do Pindaré no Banco de Dados e Informações Ambientais deste órgão. As regiões fitoecológicas são definidas por uma florística de gêneros típicos e de formas biológicas características que se repetem dentro de um mesmo clima, podendo ocorrer em terrenos de litologia variada, mas com relevo bem marcado.



Os municípios com maiores números de focos de incêndios foram Santa Luzia, Buriticupu e Bom Jardim, e estes, são compostos em sua maior parte por Floresta Ombrófila Densa de coloração verde musgo e parte de verde claro (Figura 7).

Figura 7 -Regiões fitoecológicas nos municípios com maiores números de focos de incêndios: Santa Luzia, Buriticupu e Bom Jardim.



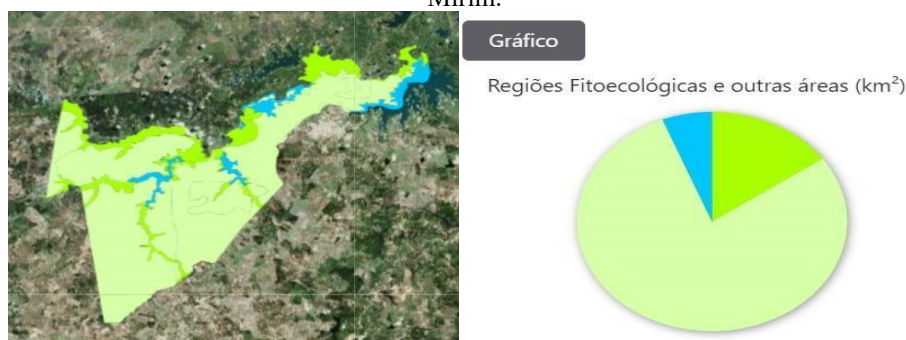
Fonte: IBGE, 2023.

A região fitoecológica é constituído basicamente por macro e mesofanerófitos, além de lianas e epífitos, caracterizada por clima ombro térmico, praticamente sem período biologicamente seco, com precipitações acima de 2.300 mm e temperaturas médias anuais entre 22 °C e 25° C no norte do país (IBGE, 2023). Este tipo de floresta densa e fechada, propicia um microclima mais ameno, e os combustíveis apresentam um conteúdo maior e mais estável que uma floresta com pouca vegetação e aberta.

Quando ocorrem incêndios nessas florestas, algumas condições impedem a detecção das queimadas como o fogo apenas no chão nesse tipo de vegetação densa, sem afetar a copa das árvores. Entretanto, essas características não favorecem os altos números de focos apresentados pelos municípios, possivelmente outros fatores podem estar relacionados ao aumento do número de focos de incêndio, como as atividades madeireiras, agropecuárias e imobiliárias que ocorrem nessas regiões.

Já os municípios com menores focos de incêndios, Tufilândia e Pindaré Mirim, são constituídos em sua maior parte por floresta Ombrófila aberta (Figura 8) de coloração verde claro e uma parte bem menor da floresta ombrófila densa de coloração verde musgo e alguns rios presentes nesta região, especialmente o Rio Pindaré.

Figura 8. Regiões fitoecológicas nos municípios com menores números de focos de incêndios: Tufilândia e Pindaré Mirim.



Fonte: IBGE, 2023.

A região fitoecológica situada na faixa de clima ombrófilo, porém, apresentando um curto período seco, de dois a três meses, e dominância de formas biológicas de fanerófitas rosuladas e lianas lenhosas (IBGE, 2023). Estas características do tipo de floresta e áreas de vegetação são mais favoráveis ao aumento de focos de incêndio na região, mas na prática não se observa. Entretanto, esses dois municípios também contam com uma parte significativa de corpo d'água, sendo uma possível variável que favoreça os baixos números de focos de incêndio, comparado aos outros municípios maranhenses.

Além disso, às atividades agropastoris podem ter contribuído com os altos números de focos de incêndio, em 2020, os dados da Pecuária Municipal mostram um crescimento dos principais rebanhos nesses 5 municípios: Santa Luzia, Buriticupu, Bom Jardim, Tufilândia e Pindaré Mirim (IBGE, 2023). Conforme mostrado na Tabela 2.

Observou-se que os municípios Bom Jardim, Buriticupu e Santa Luzia que possuem os maiores números de focos de incêndios, tem como principal rebanho a criação de bovinos, animais esses, que necessitam de pastos para poderem ser alimentados. Tendo em vista que “Na agropecuária o fogo é utilizado para limpeza e rebrota de pastagens e combate de pragas e doenças” (Manual de Prevenção e Controle de Queimadas no Estado do Maranhão, 2020). Logo, a criação desse tipo de rebanho pode ter influência direta ou indiretamente nos elevados número de focos de incêndios desses municípios, devido ao possível tipo de limpeza que é realizada em um pasto, geralmente, utiliza-se o fogo, pelo seu baixo custo.

Tabela 2 - Efetivo da Quantidade de animais dos rebanhos.
Variável - Efeito dos rebanhos (cabeças) em 2020

Municípios	Tipo de Rebanho								
	Bovino	Bubalino	Equino	Suíno total	Suíno - matrizes de suínos	Caprino	Ovino	Galináceos - total	Galináceos - galinhas
Bom Jardim	159123	821	2567	2527	790	3321	2455	23578	6550
Buriticupu	143789	118	998	2600	788	1200	1087	32457	8500
Pindaré Mirim	14586	-	439	631	201	237	409	740031	1550
Santa Luzia	249087	121	3345	2412	654	2786	3022	32456	12367
Tufilândia	17240	-	274	589	146	377	237	3786	800

Fonte: Adaptado de dados do IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal, 2023.

Além disso, no Maranhão ainda é bastante comum a utilização da queimada no preparo da terra para pequenas plantações que contribuem para o aumento de material particulado lançado na atmosfera. Os efeitos deste particulado emitido pelas queimadas sobre a saúde humana afeta principalmente idosos e crianças. Entretanto, percebe-se que a época de seca favorece o aumento de focos de incêndios no Estado. O segundo semestre corresponde ao período de seca no Maranhão, tendo como consequências impactos negativos, tais como: devastação da flora existente, extinção de animais, complicações respiratórias na saúde dos moradores, gases tóxicos que podem aumentar a temperatura do efeito estufa.

Conforme Marengo *et al.* (2022) estudou as consequências da expansão agrícola na zona de transição Amazônia Oriental-Cerrado e evidenciou o aumento na temperatura, déficit de pressão de vapor, subsidência, frequência de dias secos e diminuição na precipitação, umidade e evaporação, além de um atraso no início da estação chuvosa, induzindo um maior risco de incêndio durante a estação de transição seca para chuvosa.

Bezerra *et al.* (2018, p. 6) destaca que,

Os principais impactos socioambientais oriundos de eventos de estiagem prolongados no Maranhão podem ser sumarizados em dificuldade de acesso a água, perdas nas atividades agropecuárias, perdas de bens materiais, risco à vida humana e potenciais prejuízos a biodiversidade nos biomas e ecossistemas maranhenses (devido a ação das queimadas).

Um impacto de eventos de estiagens que merece destaque no território maranhense são as queimadas, uma vez que estas podem ser modulados por eventos de secas e/ou estiagens prolongadas no Maranhão, assim como consequência das formas antrópicas de uso e cobertura do solo (IMESC, 2017).

Segundo Zalles *et al.* (2021) retrata que “os seres humanos alteraram acentuadamente os ambientes através da conversão de pastagens de vegetação natural, culturas e outros usos da terra, bem como a degradação da vegetação natural através da exploração madeireira, fogo e outros tipos de perturbação”.



Então, percebe-se que “os incêndios florestais são uma das formas mais degradantes das florestas tropicais devido à predominância de atividades agropastoris, onde ainda fazem o uso do fogo para limpeza dessas áreas causando o aumento da inflamabilidade nesses locais para a prática de exploração madeireira intensiva, fragmentação e alterações climáticas” (Barlow *et al.*, 2012).

Portanto, necessita-se de ações de prevenção juntamente com os órgãos públicos e população com o intuito de minimizar e combater os focos de incêndios na Microrregião do Pindaré.

5 CONCLUSÃO

Conforme o levantamento realizado nas bases de dados do INPE, INMET e IBGE observou-se que os municípios que fazem parte da Amazônia Legal Maranhense pertencentes à Microrregião do Pindaré, destacam-se com maior número de focos de incêndios as cidades de Bom Jardim, Buriticupu e Santa Luzia e com menores números Tufilândia e Pindaré Mirim.

A partir dos dados coletados sobre o aumento de focos de incêndios nos municípios do Vale do Pindaré foram elencados alguns fatores que supostamente possam estar relacionados: atividades madeireiras, agropecuárias, imobiliárias, e talvez, a falta de treinamento e a desinformação dos agricultores quando utilizam a queimada para a limpeza desses locais.

Outros fatores importantes que podem influenciar significativamente o número de focos de incêndios são as variáveis: temperatura média (no período mais quente e seco da região), precipitação pluviométrica (escassez de chuvas) e regiões fitoecológicas (tipos de cobertura vegetal). Verificou-se principalmente nas regiões que predominam a Floresta Ombrófila Densa tendem a ter maiores focos de incêndio.

As elevações dos números de focos de incêndio podem trazer prejuízos ambientais à flora, fauna e à população que residem nessas localidades. Com o aumento de problemas respiratórios provocados pela fumaça que afeta principalmente idosos e crianças. Promover ações e/ou recomendações para a prevenção e combate às queimadas e tentar sensibilizar as autoridades e a população sobre a importância de preservação do meio ambiente.

Além disso, a promoção de campanhas de conscientização específicas para as comunidades locais sobre práticas seguras e prevenção de incêndios poderiam diminuir os focos de queimadas nessas localidades. Promover práticas agrícolas sustentáveis que reduzam a dependência de queimadas, como o uso de técnicas de cultivo que não envolvam a queima de vegetação. E também estabelecer e manter bases de combate a incêndios em áreas estratégicas, especialmente nos municípios com maiores focos de incêndios Santa Luzia, Bom Jardim e Buriticupu.



REFERÊNCIAS

- ARAGAO, L. E. O. C. et al. Padrões espaciais e resposta ao fogo em secas recentes na Amazônia. *Geophysical Research Letters*, v. 34, p. 1-5, 2007.
- ASSIS, V.; MENDONÇA, C.; SILVA, R.; LIMA, R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. *Floresta*, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 133-142, jan. /mar. 2014.
- BARLOW, J. et al. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation*, v. 154, p. 1-8, 2012.
- BEZERRA, D. S. et al. Análise dos focos de queimadas e seus impactos no Maranhão durante eventos de estiagem no período de 1988 a 2016. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, maio, 2018.
- BRASIL. Lei Federal Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 04 jan. 2026.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro, 31 dez. 1940.
- CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CORRÊA, A. C. B. et al. Update of the climate classification and climate water balance in the state of Maranhão. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, jan. /jun. 2023.
- FARIAS, A. R. et al. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Comunicado Técnico, 2017. Disponível em: https://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em: 1 jan. 2023.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coleta de pesquisa dos Estados. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coleta de pesquisa dos Estados. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 153 p.
- IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Relatório: Queimadas maranhenses – 1a trimestre 2017. In: Relatório Técnico. IMESC. São Luís, 2017.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. Normais climatológicas. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 2 abr. 2024.
- INPE – QUEIMADAS. 2023. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 12 dez. 2022.



INPE – QUEIMADAS. 2024. Disponível em:

<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 2 mar. 2024.

INBRAEP – INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE –. Incêndio

Florestal e Queimada Controlada. 2021. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/incendio-florestal-e-queimada-controlada/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

JIMENEZ, J. C. et al. O papel dos sabores ENSO e TNA em secas recentes nas florestas amazônicas e na região Nordeste do Brasil. *International Journal of Climatology*, v. 41, n. 7, p. 3761-3780, 2021.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. *Regiões de Planejamento do Estado do Maranhão*. São Luís: SEPLAN, 2008.

MARENGO, J. A. et al. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. *Scientific Reports*, v. 12, p. 457-467, 2022.

MANUAL DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE QUEIMADAS NO ESTADO DO MARANHÃO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais, 2020. 40 p.

NOGUEIRA, G. S. et al. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG, *Revista da Sociedade de Investigações Florestais*, v.26 n. 3, p.363-369, Viçosa, MG, 2002.

O HOMEM E O FOGO. In Vivo Museu da Vida. 2023. Disponível em:

<http://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/o-homem-e-o-fogo>. Acesso em: 10 jan. 2023.

O QUE É? Amazônia Legal. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Edição 44, ano 5, 2008. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios>. Acesso em: 20 ago. 2022.

PLANO DE AÇÃO PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO E DAS QUEIMADAS NO ESTADO DO MARANHÃO. Decreto nº 27.317, de 14 de abril de 2011.

Governo do Estado do Maranhão, São Luís, 2011. Disponível em:

https://www.fundoamazonia.gov.br/Plano_Estadual_Maranhao.pdf. Acesso em: 21 mar. 2023.

SANTOS, R. L.; NUNES, F. G. Análise espacial de taxas de desmatamento na Amazônia Legal Maranhense: especialização e diagnóstico do PPCD-MA. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, 2017, Santos. Anais. Santos: INPE, 2017.

SILVA, F. J. N. Análise de ocorrências de incêndios na Floresta Nacional de Carajás entre 2013 a 2018. 2021. 15 f. Monografia (Especialização em Ciências e Meio Ambiente) – IFMA, Santa Inês, 2021.

SILVA, F. B. et al. Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 3, p. 330-346, jul. 2016.

TETTO, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. *Prevenção e combate aos incêndios florestais*. Coleção SENAR, Curitiba - PR, 2011. 76p.

TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. F.; COUTO, M. do. Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional de Itatiaia. *Biodiversidade Brasileira*, v. 1, n. 2, 2011.



ZALLES, V. et al. Rápida expansão do impacto humano na terra natural na América do Sul desde 1985. Science Advances, v. 7, ed.

