



## **ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS BALSAS NO PERÍODO DE 2018 A 2022**

**GUILHERME DOS SANTOS; WILLA MARIA AMORIM DA COSTA**

### **RESUMO**

O Maranhão, é um dos estados com maior ocorrência de focos de queimadas. O intuito deste estudo foi analisar os focos de calor na Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas (BHRDB), no período de 2018 a 2022. Os dados de focos de calor foram adquiridos na plataforma Fire Information for Resource Management System (FIRMS) da NASA. Estes foram submetidos ao estimador de densidade Kernel no software ArcGis PRO. Houve um total de 15.419 focos de calor nos limites da BHRDB no período avaliado, tendo maior incidência no ano de 2022. Os focos estavam concentrados principalmente em áreas onde são realizadas atividades agrossilvipastoril, além disso, notou-se que a maior concentração de focos de calor ocorreu no segundo semestre, com os primeiros registros surgindo em junho e julho, alcançando seu ponto máximo nos meses de agosto e setembro, mostrando que a distribuição dos focos ao longo dos meses está diretamente relacionada ao padrão de precipitação pluviométrica da região. Portanto, a incidência dos focos de calor é intrínseca à sazonalidade da precipitação e intensificada pela ação antrópica.

**Palavras-chave:** Kernel; Calor; Bacia; Balsas.

### **1 INTRODUÇÃO**

Conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) publicados em 2023, o estado do Maranhão se destaca com o maior número de ocorrências de focos de calor na região Nordeste, contabilizando um total de 8.299 focos até setembro de 2023, dentro de um total de 79.325 registros em todo o Brasil.

A análise de focos de calor por meio do sensoriamento remoto é uma abordagem essencial para monitorar e compreender eventos de calor extremo, incêndios florestais, ilhas de calor urbanas e outras situações relacionadas ao calor em grande escala. O sensoriamento remoto implica na obtenção de dados sobre a Terra através de sensores instalados em satélites, aeronaves ou drones, possibilitando a coleta de informações de áreas extensas de maneira rápida e eficiente (Rosa, 2003).

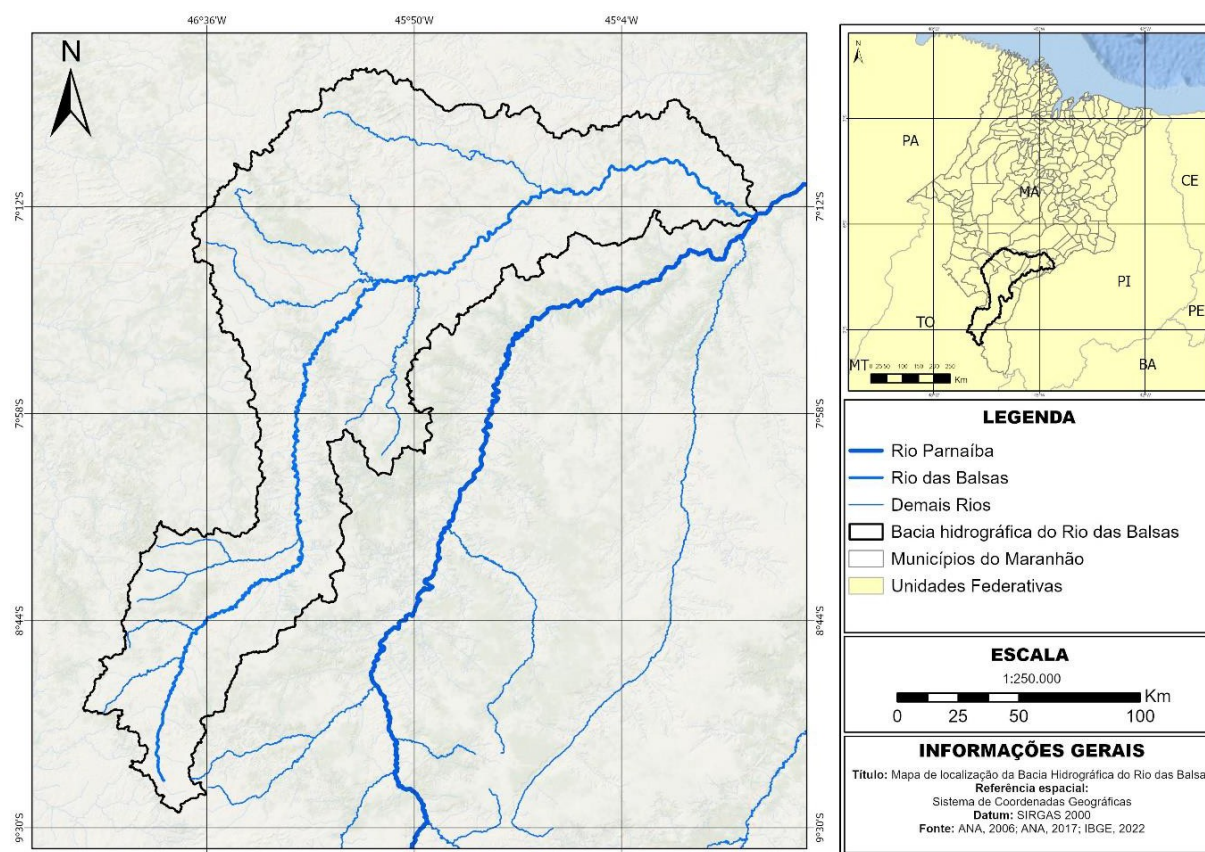
Dessa forma, levando em conta a importância do acompanhamento desses focos de calor, este estudo busca realizar uma análise completa dos focos de calor na BHRDB, utilizando o sensoriamento remoto. O objetivo é identificar padrões espaciais e temporais, investigar as causas e os impactos desses eventos, além de examinar sua correlação com as atividades humanas e as condições climáticas locais. O estudo abrange o período de 2018 a 2022.

### **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

A Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas (BHRDB), localizada na região sul do estado do Maranhão, desempenha um papel crucial como fonte hídrica na área. A BHRDB possui uma área total de 25.481,42 km<sup>2</sup> e um perímetro de 3.055,95 km. Essa vasta extensão abrange nove municípios em sua área de drenagem, incluindo Balsas, Benedito Leite, Fortaleza dos

Nogueiras, Loreto, Nova Colinas, Riachão, Simbaíba, São Félix de Balsas e São Raimundo das Mangabeiras. A figura 1 apresenta o mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas (Vaz *et al.*, 2021).

**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas. Elaboração: Autores, 2024.



## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A série temporal que cobre de janeiro de 2018 a dezembro de 2022, referente aos focos de queimadas da BHDRB, foi obtida a partir dos dados disponíveis no banco de dados da plataforma Fire Information for Resource Management System (FIRMS) da NASA. Neste estudo, foram analisados exclusivamente os focos de calor detectados pelos satélites AQUA e TERRA. Os dados específicos sobre os focos de queimadas para a BHRDB em estudo foram disponibilizados no formato shapefile.

Foi desenvolvido um banco de dados geoespaciais no ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software ArcGIS PRO. Por meio de consultas espaciais de intersecção dentro do SIG, foram identificados e quantificados os focos de queimada ocorridos na bacia hidrográfica durante os anos de 2018 a 2022. Os quadros foram gerados utilizando o Microsoft Excel 365 a partir dos arquivos CSV fornecidos pela plataforma FIRMS da NASA.

Em relação à confecção dos mapas de densidade de focos de calor de 2018 a 2022, foi utilizada a ferramenta de Estimativa de Densidade Kernel do software de Sistema de Informação Geográfica. O Mapa de Calor, também conhecido como Mapa de Densidade de Kernel, é um método simplificado para estimar a intensidade de um fenômeno dentro de uma determinada área. Ele produz uma superfície de densidade que enfatiza de maneira clara as 'áreas quentes', correspondendo aos valores mais elevados em comparação com os pontos adjacentes. Essas 'áreas quentes' destacam os pontos mais críticos em relação a um parâmetro

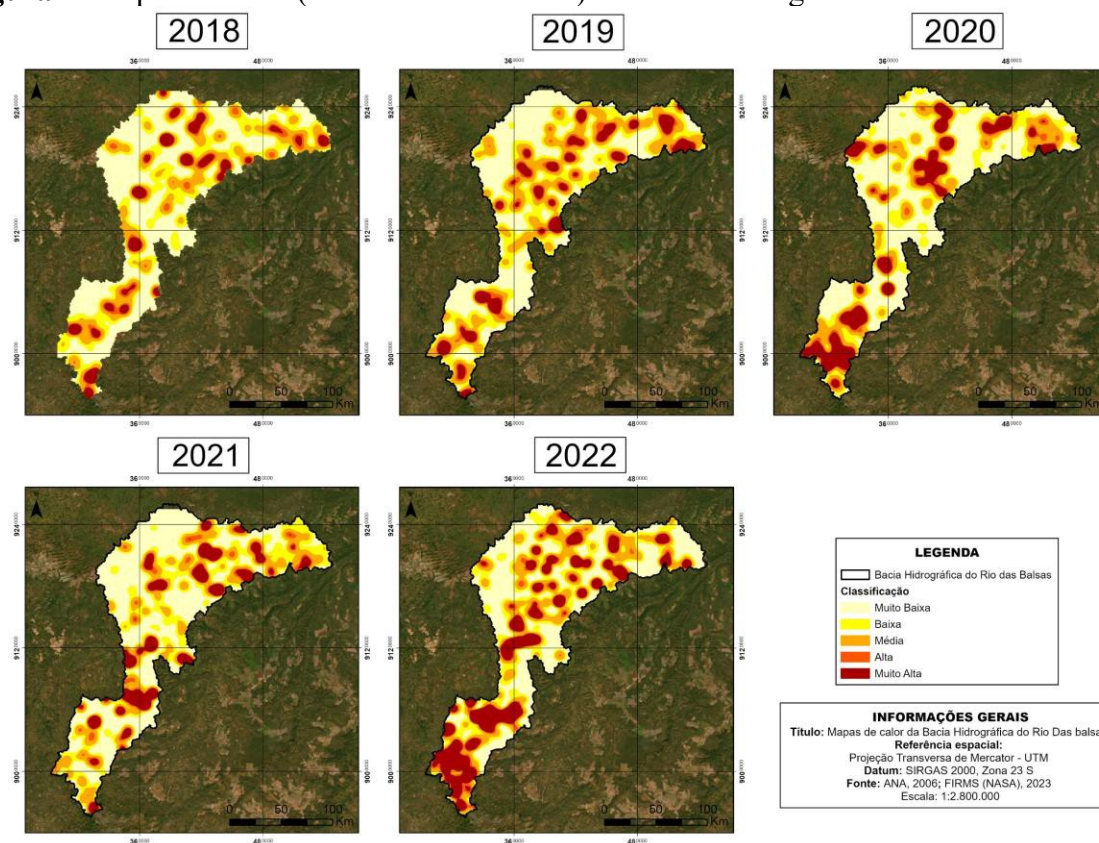
específico, facilitando assim a interpretação dos diversos fenômenos que ocorrem em um determinado território (Ferreira *et al.*, 2023).

Como parte da base de dados suplementar para esta pesquisa, foram obtidos dados vetoriais, que incluem limites municipais, limites das unidades administrativas da federação e localidades, a partir da base de dados fornecida pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, enquanto os limites da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas e corpos hídricos foram adquiridos no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2018 a 2022, constatou-se a presença total de 15.419 focos de calor na região que compreende a Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas. O ano de 2022 se destacou negativamente, com o maior número de focos (3.875), enquanto 2018 apresentou o menor índice (2.472). Observa-se uma tendência preocupante de aumento nos focos de calor ao longo dos anos. Os mapas de densidade dos focos de calor (densidade de Kernel) apresentados na figura 2.

**Figura 2:** Mapas de calor (Densidade de Kernel) da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas.



**Elaboração:** Autores, 2024.

Ao examinar as áreas com maior concentração de focos de calor pelo Google Earth, foi possível observar que, em geral, as regiões mais críticas estão próximas de áreas onde são realizadas atividades agrossilvopastoris.

No ano de 2022, dois municípios pertencentes à BHDRB se destacaram como os maiores produtores de soja do Maranhão, Balsas em segundo lugar e Riachão em quinto. Além disso, quatro dos cinco maiores produtores de milho do Maranhão também estão localizados na BHDRB, com Balsas liderando, seguido por São Raimundo das Mangabeiras em terceiro, Sambaíba em quarto e Riachão em quinto lugar (Maranhão, 2022).



No Cerrado Maranhense (bioma a qual a BHDRB pertence) os focos de calor podem ser gerados a partir de atividades antrópicas, como a limpeza e renovação das áreas de pastagem. As técnicas de derrubada manual e queima da vegetação são atrativas para os agricultores, pois resultam no aumento da fertilidade do solo no primeiro ano após a queima, devido à presença de nutrientes nas cinzas depositadas no solo (Maranhão, 2021). Entretanto, as queimadas geram uma série de consequências negativas, tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Os principais impactos ambientais incluem a perda de biodiversidade, a erosão do solo, a emissão de gases poluentes e o lançamento de material particulado na atmosfera, impactando negativamente a qualidade do ar e da água (Castelleti *et al.*, 2003).

Também foi possível notar que maior concentração desses eventos se deu no segundo semestre de cada ano. Os primeiros registros geralmente surgiam em junho e julho, intensificando-se gradativamente até alcançar o pico nos meses de agosto e setembro. Essa concentração acentuada nos meses finais do ano configura um aspecto crucial para a compreensão da dinâmica dos focos de calor na região. O quadro 1 apresenta o número de foco de calor de cada mês de 2018 a 2022.

**Quadro 1:** Número de focos de calor na Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas entre 2018 e 2022. Fonte: FIRMS – NASA (2023).

| Meses                           | Ano          |              |              |              |              |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         |
| Janeiro                         | 6            | 21           | 33           | 39           | 18           |
| Fevereiro                       | 14           | 21           | 24           | 9            | 18           |
| Março                           | 49           | 32           | 13           | 31           | 21           |
| Abril                           | 26           | 40           | 105          | 40           | 27           |
| Maio                            | 96           | 59           | 80           | 98           | 150          |
| Junho                           | 261          | 281          | 248          | 343          | 303          |
| Julho                           | 315          | 313          | 308          | 316          | 453          |
| Agosto                          | 692          | 888          | 275          | 1.150        | 991          |
| Setembro                        | 705          | 839          | 1.089        | 698          | 1.126        |
| Outubro                         | 229          | 396          | 679          | 212          | 685          |
| Novembro                        | 48           | 124          | 106          | 26           | 37           |
| Dezembro                        | 31           | 37           | 75           | 24           | 46           |
| <b>Total de focos de calor:</b> | <b>2.472</b> | <b>3.051</b> | <b>3.035</b> | <b>2.986</b> | <b>3.875</b> |

A distribuição espacial e temporal dos focos de calor no Maranhão está intimamente ligada ao padrão de precipitação pluviométrica da região. O estado, apesar de apresentar duas categorias climáticas de Köppen, possui um regime pluviométrico bem definido, dividido em duas estações distintas: a chuvosa (janeiro a maio) e a seca (junho a outubro).

É evidente a correlação entre a maior incidência de chuvas na estação chuvosa e a menor quantidade de focos de calor nesse período. A precipitação abundante contribui para a elevação da umidade do solo e da vegetação, tornando-as menos propensas à combustão. Por outro lado, durante a estação seca, observa-se uma notável diminuição nos níveis de precipitação, acompanhada de um aumento das temperaturas e da umidade relativa do ar. Essa combinação de fatores cria um ambiente extremamente favorável à ocorrência de queimadas. A vegetação seca e a baixa umidade do ar facilitam a ignição e a propagação do fogo, tornando os focos de calor mais frequentes e intensos.

#### 4 CONCLUSÃO

De 2018 a 2022, a Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas registrou um total de 15.419

focos de calor, com um aumento preocupante ao longo dos anos. O ano de 2022 se destacou negativamente com o maior número de focos (3.875). A concentração dos focos de calor se dá no segundo semestre de cada ano, intensificando-se nos meses de agosto e setembro. Essa sazonalidade está diretamente relacionada ao regime pluviométrico da região, com a estação seca (junho a outubro) criando um ambiente propício para a ocorrência de queimadas.

As áreas mais críticas em termos de focos de calor se localizam próximas a zonas de agricultura e pecuária, evidenciando a necessidade de medidas direcionadas a esses setores. Além disso, a falta de infraestrutura e de fiscalização, a pobreza rural e a cultura do fogo enraizada em algumas comunidades também dificultam o combate às queimadas e a prevenção de novos focos. É necessário, portanto, um esforço conjunto que combine ações de conscientização, educação ambiental, investimento em fiscalização e desenvolvimento de alternativas sustentáveis de manejo da terra para combater esse problema de forma eficaz.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Parnaíba**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/6f9c7237-1ffd-46db-a095-98cc80c36482>. Acesso em: 5 de fev. 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Nível 2 de Sub-bacias do Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – Brasília: ANA, 2006. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br>. Acesso em: 5 de fev. 2024.

CASTELLETTI, C.H.M.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Quanto ainda resta da Caatinga? Uma Estimativa Preliminar. Biodiversidade da Caatinga: áreas e Ações Prioritárias Para a Conservação**. Ecologia e Conservação da Caatinga Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, p. 719-734, 2003.

FERREIRA, Aída Araújo *et al.* Guia básico de utilização do software Arcgis PRO. **Guia básico de utilização do software Arcgis PRO**, 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Malha Municipal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso: 5 de fev. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Queimadas (Monitoramento de Focos)**. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 5 fev. 2024.

MARANHÃO. SECRETARIA DE ESTADO DE PROGRAMA ESTRATÉGICOS – SEPE. INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS IMESC. **Zonificação do Território do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA)** – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. São Luís: IMESC, 2021. Disponível em: <http://zee.ma.gov.br/zee-cerrado/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

MARANHÃO. SECRETARIA DE ESTADO DE PROGRAMA ESTRATÉGICOS – SEPE. INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS IMESC. **Desempenho da Agricultura maranhense**. São Luís: IMESC,

2021. Disponível: <https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/outras-publicacoes/648>. Acesso em: 06 fev. 2024.

**NASA Near Real-Time and MCD14DL MODIS Active Fire Detections (SHP format).** 2023 Data set. Disponível em: [https://earthdata.nasa.gov/active-fire data](https://earthdata.nasa.gov/active-fire-data).

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia, EDUFU. 5. ed. 109p. 2003.  
SILVA, A.L.R.; COSTA, V.R.M.; FERREIRA, G.B.; CASTRO, E.J.M.; COELHO, A.C.;  
MACEDO, A.O. (2020). **Análise dos padrões dos focos de queimadas por biomas do estado do Maranhão**. Brazilian Journal of Development, v.6, n. v.6, n. 2, p. p. 6399 – 6409.  
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-080>.

VAZ, Ana Paula de Melo *et al.* Bacia hidrográfica do rio balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 77-87, 2021.