

ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR NA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ ENTRE OS ANOS DE 2012 E 2021

ANALYSIS OF HOT SPOTS IN THE STATE FOREST OF AMAPÁ BETWEEN THE YEARS 2012 AND 2021

Pedro Américo Tavares da Silva Júnior¹, Francisco José de Oliveira Parise²

¹Engenheiro Florestal, UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Av. Tancredo Neves, no 2501 – Terra Firme – Cep: 66.077-830 – Belém-PA, Brasil, E-mail: patsjr@gmail.com

²Doutor em Irrigação e Drenagem/Professor, UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Av. Tancredo Neves, no 2501 – Terra Firme – Cep: 66.077-830 – Belém-PA, Brasil, E-mail: francisco.parise@ufra.edu.br

Resumo

O estado do Amapá apresenta uma das maiores áreas relativas protegidas se comparadas com outros estados da Amazônia e, até mesmo, do Brasil. Dentre estas áreas destaca-se a Floresta Estadual do Amapá com uma área de aproximadamente 23.694,00 Km². A utilização da geotecnologia é de suma importância para estudos e pesquisas ambientais, além de seus resultados serem importantíssimos para as ferramentas de auxílio para as políticas públicas. A análise de focos de calor é uma ferramenta essencial para a detecção de anomalias na temperatura da superfície terrestre. Assim, o presente artigo utilizou dados espaciais de focos de calor obtidos do site BD queimadas do INPE do período de 2012 a 2021. Foi utilizado o programa ArcGIS Pro 3.03 para a elaboração dos mapas e análise espacial. Dentre os anos analisados o ano de 2015 foi o de maior incidência, sendo que nos anos seguintes houve uma tendência de queda. Tendo como base de análise os meses dos anos do estudo, o segundo semestre apresentou maior representatividade. Quanto a densidade ou concentração dos focos, observou-se uma associação às áreas próximas a projeto de assentamentos e rodovias.

ABSTRACT

The state of Amapá has one of the largest relative protected areas compared to others states in the Amazon and even in Brazil. Among these areas stands out the State Forest of Amapá with an area of approximately 23,694.00 Km². The use of geotechnologies is of paramount importance for environmental studies and researchs, in addition to its results being extremely important for aiding tools for public policies. Hotspots are an essential technological tool. Thus, this article used spatial data from hot spots obtained from the INPE's BD burned site from 2012 to 2021. The ArcGIS Pro 3.03 program was used to prepare the maps and spatial analysis. Among the years analyzed, 2015 was the year with the highest incidence, and in the following years there was a downward trend. Based on the analysis of the months of the years of the study, the second semester was more representative. As for the density or concentration of outbreaks, an association was observed with areas close to settlement projects and highways.

INTRODUÇÃO

O território amazônico, com 6,9 milhões de quilômetros quadrados, abrange nove países: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa, Peru e Suriname. A parte brasileira do bioma ocupa 4,2 milhões de quilômetros quadrados. A Floresta Amazônica, além de representar a maior biodiversidade do mundo, produz imensa quantidade de água, sendo de extrema importância para regulação do clima global (BUAINAIN, 2020, p. 23)

Mesmo com toda a evolução tecnológica, por falta de recursos, grande parte dos pequenos agricultores e pecuaristas descapitalizados na Amazônia, mantém a tradição e ainda utiliza o fogo para o preparo de área para plantio e para renovação da pastagem. Na pecuária descapitalizada o fogo é utilizado para a renovação de pastagens nativas lignificadas, com prejuízos para o solo com a utilização dessa prática por anos consecutivos (MODESTO, 2020, p. 40).

A utilização do fogo pode provocar para o sensoriamento remoto o surgimento de focos de calor. São os chamados "focos de calor", que são pontos geográficos captados por sensores espaciais na superfície do solo, quando detectado temperatura acima de 47 °C e área mínima de 900 m² (GONTIJO, 2011, p. 7966). O processo físico na detecção de focos de calor no sensoriamento remoto se baseia na captura da radiação infravermelha emitida pelos objetos em uma imagem. A radiação infravermelha é uma forma de energia eletromagnética com comprimentos de onda maiores do que a luz visível, mas menores do que as ondas de rádio. Os objetos quentes, incluindo incêndios florestais, emissões industriais e fontes de calor artificial, emitem radiação infravermelha, que pode ser capturada por sensores remotos a bordo de satélites

O geoprocessamento é uma ferramenta muito importante na conservação do meio ambiente. As análises espaciais auxiliam na gestão das unidades de conservação não apenas por permitirem monitorar os impactos ambientais causados por agentes antrópicos e naturais, como desmatamento,

incêndios florestais, inundações etc., mas também por permitirem elaborar estudos aplicados às ações de mitigação desses impactos (BORGES, 2021, p. 168).

A detecção de focos de calor pelo sensoriamento remoto é uma ferramenta tecnológica importante na conservação do meio ambiente e pode ser utilizada na gestão das unidades de conservação (UCs). As análises espaciais podem ajudar a monitorar os impactos ambientais causados por agentes antrópicos e naturais, como incêndios florestais, e a elaborar estudos para as ações de mitigação. Além disso, as UCs são instrumentos importantes na preservação da natureza e na manutenção do equilíbrio ambiental.

As Unidades de Conservação UC são instrumentos de preservação da natureza e constituem um assunto de extrema relevância para o Direito Ambiental e para as ciências que se dedicam ao cuidado e proteção do meio ambiente, diante da estreita relação existente entre o equilíbrio deste com a manutenção da vida no planeta (CHAVES, 2018, p. 13). Estado do Amapá mantém um percentual de 62% de espaços protegidos na modalidade UC em seu território, essa proporção sobe para 70% se consideradas as Terras Indígenas. (CHAVES, 2018, p. 30).

O estudo de focos de calor através do sensoriamento remoto é fundamental na gestão de Unidades de Conservação como a Floresta Estadual do Amapá. Isso porque, o monitoramento constante de incêndios florestais e desmatamentos é crucial para garantir a preservação da biodiversidade e equilíbrio do ecossistema da floresta. Além disso, a identificação precoce dos focos de calor pode auxiliar na prevenção e controle desses eventos, garantindo a proteção da fauna e flora da área. Por isso, o estudo de focos de calor por meio de sensoriamento remoto é uma ferramenta valiosa para a gestão ambiental da Floresta Estadual do Amapá, contribuindo para a conservação da unidade e seu patrimônio natural.

Assim, tendo como base a importância de monitoramento e gestão de unidades de conservação o referido trabalho tem como objeto a análise espacial de focos de calor ao longo da Floresta Estadual do Amapá – FLOTA-AP e assim como em seu entorno durante os anos de 2012 e 2021.

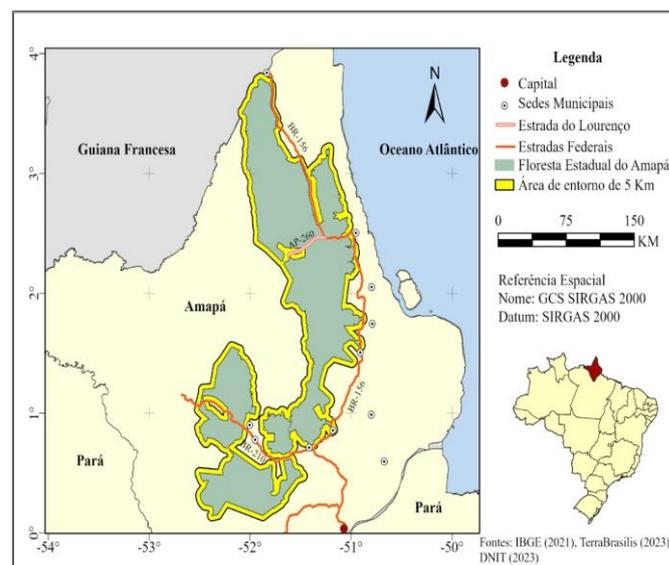
MATERIAIS E MÉTODOS

A FLOTA-AP (Figura 1) compreende uma área descontínua estimada em 23.694 Km² (vinte e três mil, seiscentos e noventa e quatro quilômetros quadrados) de acordo com a sua lei de criação de nº 1.028, de 12 de julho de 2006 e o objetivo da unidade é: o uso sustentável, mediante a exploração dos recursos naturais renováveis e não renováveis de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

A Região da FLOTA-AP abrange os municípios em que a Unidade de Conservação está inserida, no caso: Mazagão, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Pracuúba, Amapá, Calçoene

e Oiapoque. A Zona de Amortecimento (ZA) que é considerada “o entorno de uma Unidade de Conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas”, abrange porções de assentamentos e localidades confrontantes à FLOTA-AP e ambientes significativos para manutenção ecológica, considerando um buffer 1 km, e excluindo-se áreas já consolidadas como de expansão urbana. (IEF-AP, 2014, p. 21).

Figura 1: Mapa de localização da Floresta Estadual do Amapá.



Fonte: Autor (2022)

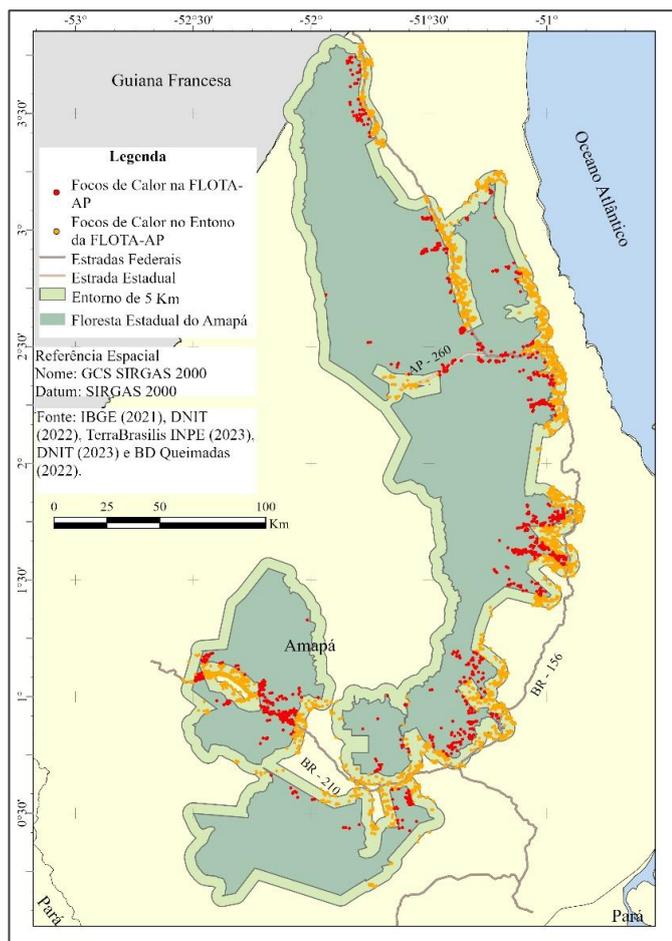
Para o presente estudo foi considerado um buffer (faixa de entorno da unidade de conservação) de 5km, por ser tratar de um entorno de maior representatividade acerca da pressão antrópica sobre a FLOTA-AP.

Neste trabalho, foram utilizados dados diários de focos de calor coletados pelo Satélite de Referência AQUA_M-T, equipado com o sensor MODIS, entre 2012 e 2021. Esses dados foram adquiridos a partir do portal BD queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As informações foram obtidas na forma de camadas vetoriais em Shapefile e planilhas eletrônicas em CSV.

Para manipular e analisar os dados vetoriais, foi utilizado o software ArcGIS Pro, enquanto os gráficos foram produzidos com o Microsoft Excel 365 a partir dos arquivos CSV. A produção dos mapas de densidade de focos de calor foi realizada com a ferramenta de Estimativa de densidade Kernel do software de Sistema de Informação Geográfica.

Além dos dados do INPE, foram coletados outros dados relevantes para o estudo, incluindo limites municipais e de unidades administrativas da federação, localidades da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da Plataforma Terra Brasilis do INPE. Essas informações foram usadas para identificar estradas e delimitar a FLOTA-AP (Figura 2).

Figura 2: Mapa de focos de calor entre 2012 e 2021.

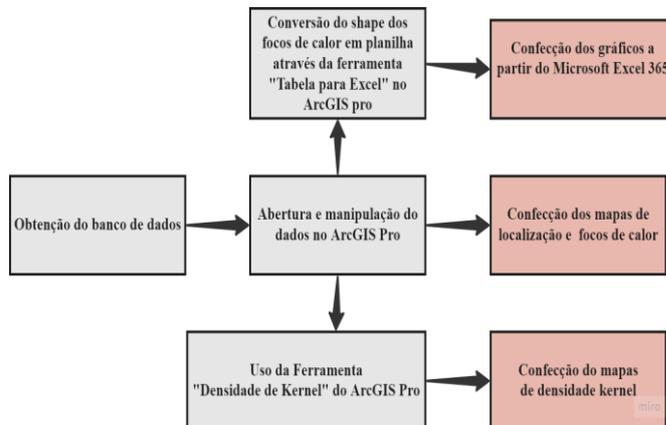


Fonte: Autor (2023)

Para a base complementar do estudo foram coletados dados vetoriais como: limites municipais, limites de unidades administrativas da federação e localidades da base de dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Também foram adquiridos dados do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e da Plataforma Terra Brasilis do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, no intuito de identificar as estradas e limites da FLOTA-AP, respectivamente.

Os dados adquiridos e as ferramentas utilizadas são fundamentais para o estudo dos focos de calor e sua detecção no sensoriamento remoto. Esses dados permitem uma análise detalhada dos padrões de ocorrência de incêndios florestais e a identificação de tendências ao longo do tempo, permitindo uma melhor compreensão da dinâmica dos incêndios e uma maior capacidade de previsão e mitigação de futuros eventos. As ferramentas utilizadas, como o ArcGIS Pro e o Microsoft Excel, são essenciais para a manipulação e análise dos dados, fornecendo a capacidade de visualizar e interpretar os dados de forma eficiente. A utilização de tais ferramentas torna possível obter compreensões valiosas sobre a distribuição espacial e temporal dos focos de calor, o que é fundamental para a tomada de decisões informadas relacionadas à gestão dos recursos naturais e à mitigação de perdas socioeconômicas.

Figura 3: Fluxograma do processamento dos dados.

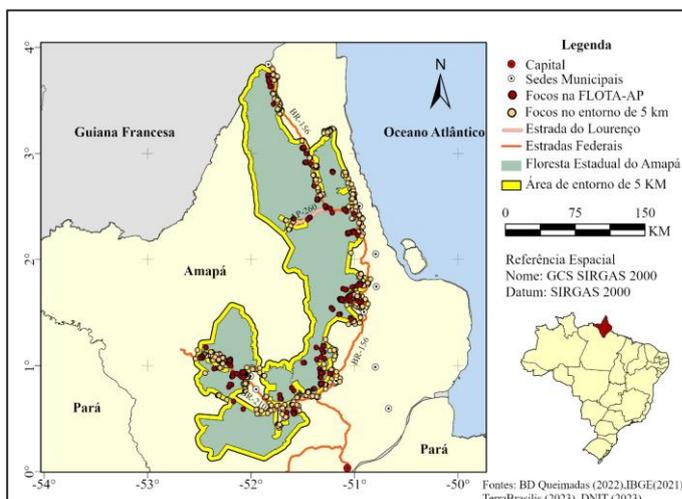


RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período do estudo (entre os anos de 2012 e 2021) observou-se 1009 focos de calor no interior da FLOTA-AP, sendo o ano de 2015 (Figura 4) com mais registros (total de 186 focos). A mesma tendência foi encontrada na área de entorno da FLOTA-AP de 5 quilômetros com 393 focos em 2015, dentre os 2289 ao total (Gráfico 1).

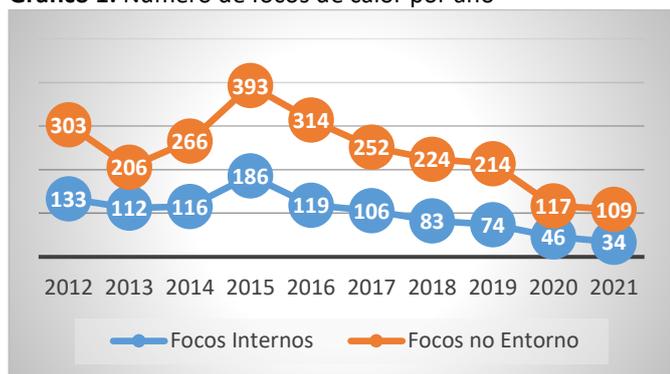
Em outros estudos realizados na Amazônia, constatou-se que o ano de 2015 foi um ano em que houve uma grande incidência de focos de calor. No estudo realizado no município de Parauapebas, no Pará, por Fernandes et al. (2018), entre os anos de 2011 e 2016, o ano de 2015 apresentou o maior número de focos de calor (143 focos). Cordeiro et al. (2022) que trabalhou com dados de foco de calor no município de Marabá, os anos de 2015 e 2017 foram os mais representativos em número de focos entre os anos 2010, 2012, 2014, 2015, 2017 e 2019. Tais trabalhos apresentaram resultados próximos ao presente estudo.

Figura 4: Mapa de Focos de Calor de 2015



Fonte: BDQueimadas (2022)

Gráfico 1: Número de focos de calor por ano



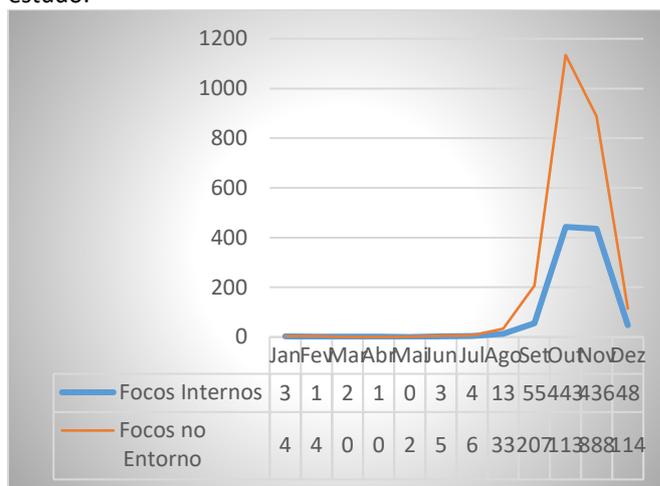
Fonte: BDQueimadas (2022)

Segundo Vilhena et al. (2018) em 2015 houve um evento extremo de estiagem em território amapaense que teria a ver com características do El Niño, resultando em déficit pluviométrico no Norte. Para Nascimento e Senna (2020), que estudou A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará, o aumento no número de focos de incêndio na região durante o período de El Niño vai ao encontro do maior risco de fogo, se comparado a ano sem o fenômeno. E para Costa et al. (2022) os Fatores climáticos impactam diretamente a ocorrência de focos de calor como o fenômeno El Niño.

Ao observar o Gráfico 1, é possível também constatar que após 2015 houve uma tendência de queda dos números de foco até o ano de 2021 que apresentou 34 focos no interior da unidade de conservação e 109 no entorno. Silva-Júnior et al. (2021), ao estudarem a incidência de focos de calor no estado do Amapá de 2017 a 2020, constataram que houve uma tendência variável. No entanto, ao observar os dados levantados pelos autores, nota-se um indicativo de queda.

Quanto aos meses do ano, na análise do estudo, diagnosticou-se que os meses mais representativos foram outubro e novembro e o maior número de focos presente no segundo semestre do ano (Gráfico 2). Cordeiro et al. (2022) diagnosticou números de focos de calor mais concentrado nos meses de agosto, setembro e outubro em Marabá nos anos 2010, 2012, 2013, 2015, 2017 e 2019. Em Parauapebas, entre 2011 e 2016, Fernandes et al. (2018) observou um destaque de focos nos meses de agosto, setembro e outubro. No estudo de Lopes et al. (2017) em Novo Progresso, entre os anos de 2010 e 2015, observou-se na distribuição mensal dos focos um aumento no número entre os meses de julho a novembro. Para Silva-Júnior et al. (2021) nos anos de 2017 a 2020, no estado do Amapá, houve uma disparidade nos focos de calor entre o primeiro e o segundo semestre, onde se observou um crescimento a partir de julho atingindo a máxima no mês de novembro. Tais trabalhos corroboram com os resultados do presente trabalho.

Gráfico 2: Acumulado mensal de focos de calor no período do estudo.



Fonte: BDQueimadas (2022).

O comportamento do Gráfico 2 coincide com o chamado “verão e inverno amazônico” onde: Segundo Caldas (2018) estes dois períodos são bem distintos durante o ano, um chuvoso iniciando em dezembro e outro seco com início em junho, tal fato leva à uma caracterização destes, os quais passam a ser chamados de inverno e verão amazônicos.

Ao se observar novamente o Gráfico 1, é possível notar que houve uma queda brutal dos focos dentro e fora do FLOTA-AP em 2020 e 2021. Provavelmente, tal fenômeno ocorreu devido à influência da pandemia do COVID-19 sobre as atividades das pessoas. Ainda é possível notar que houve uma aproximação do número de focos dentro e fora da FLOTA-AP. Este comportamento fica evidenciado no Gráfico 3 que indica a relação entre os focos dentro e fora da floresta. Ou seja, uma tendência de queda da influência dos focos do entorno no interior da floresta estadual.

Gráfico 4: Relação Focos Internos X Focos do Entorno da Flota-AP.



Fonte: BDQueimadas (2022)

A Tabela 1 é um resumo geral sobre a distribuição de focos de calor durante o período do estudo e também destaca a relação citada acima.

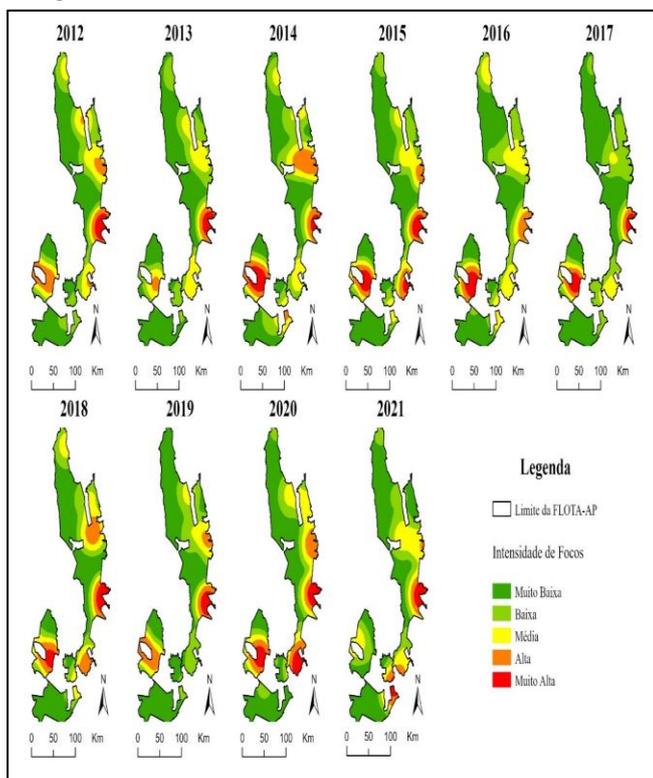
Tabela 1: Resumo anual da distribuição de focos de calor na FLOTA-AP

| Anos | Focos 5km | % | Focos internos | % | Total | Relação |
|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|-------------|-------------|
| 2012 | 303 | 8,89 | 133 | 3,90 | 436 | 0,44 |
| 2013 | 206 | 6,05 | 112 | 3,29 | 318 | 0,54 |
| 2014 | 266 | 7,81 | 116 | 3,40 | 382 | 0,44 |
| 2015 | 393 | 11,54 | 186 | 5,46 | 579 | 0,47 |
| 2016 | 314 | 9,22 | 119 | 3,49 | 433 | 0,38 |
| 2017 | 252 | 7,40 | 106 | 3,11 | 358 | 0,42 |
| 2018 | 224 | 6,57 | 83 | 2,44 | 307 | 0,37 |
| 2019 | 214 | 6,28 | 74 | 2,17 | 288 | 0,35 |
| 2020 | 117 | 3,43 | 46 | 1,35 | 163 | 0,39 |
| 2021 | 109 | 3,20 | 34 | 1,00 | 143 | 0,31 |
| Total | 2398 | 70,38 | 1009 | 29,62 | 3407 | |

Fonte: BD Queimadas (2022).

No que se diz respeito a distribuição da intensidade da concentração de focos de calor ao longo da unidade de conservação considerou-se a seguinte classificação: muito baixa, baixa, média, alta, muito alta (Figura 4).

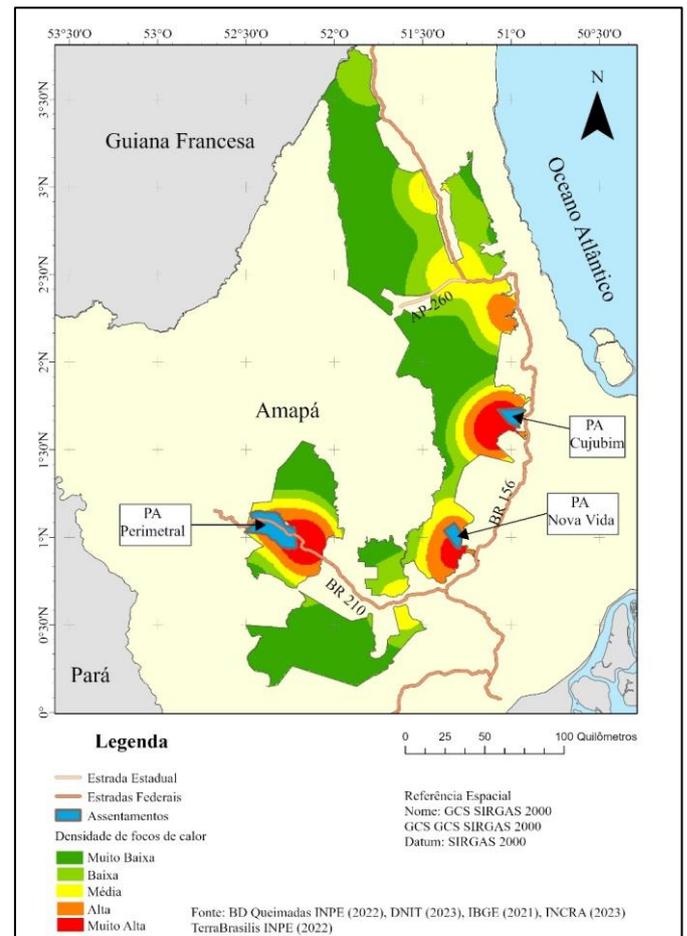
Figura 4: Densidades de focos de calor na FLOTA-AP



Fonte: BDqueimadas (2022)

A distribuição dos focos se concentra principalmente nas áreas adjacentes ao longo das rodovias BR 156 e BR 210. As intensidades “Alta” e “Muito Alta”, no período do estudo, se concentram a sudoeste, leste e sudeste da unidade de conservação (Figura 5). Tais áreas coincidem com os projetos de assentamento PA Perimental, PA Cujubim e PA Perimental, indicando a possível pressão desses atores sociais na incidência de focos de calor na Floresta Estadual.

Figura 5: Mapa de concentração de focos durante o período de estudo.



Fonte: Autor (2022)

No estudo de Silva-Júnior et al. (2021), diagnosticou-se uma tendência de alta densidade de focos em áreas marginais as principais rodovias e em projetos de assentamentos, neste caso, em todo o Estado entre 2017 e 2020.

CONCLUSÃO

Houve um padrão variável dos dados pontuais de focos de calor na Floresta Estadual. A extrema estiagem ocorrida em território Amapaense no ano de 2015 foi determinante para o maior acúmulo de focos de calor neste ano. Sendo a

ocorrência do fenômeno El Niño um indicativo de maior probabilidade de acréscimo de focos de calor.

A partir do ano de 2015 houve um decréscimo do número de focos de calor ano a ano até 2021, destacando-se os anos de 2020 e 2021. A relação de focos dentro e fora da floresta apresentou também uma leve tendência de queda.

Em todos os anos do estudo, os meses com maiores números de focos coincidem com o verão amazônico, distinguindo-se os meses de outubro e novembro.

As áreas com maiores incidências de focos acompanham o trajeto das principais rodovias do estado, assim como, localizam-se em áreas adjacentes a grandes projetos de assentamentos.

Neste trabalho, ficou evidenciada a grande importância da utilização das geotecnologias para a observação e monitoramento de perturbações e fenômenos naturais. No caso de focos de calor, a ferramenta utilizada foi essencial para realçar a dinâmica espacial e temporal da concentração e frequência desse fenômeno. O estudo apresentado pode ser um indicativo para políticas públicas de ordem social, ambiental e econômico.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; RODRIGUES, L.; CASTRO, I. Amazônia em chamas: o que queima e onde. Nota Técnica, IPAM, v. 5, p. 1-14, 2020.
- AMAPÁ. Instituto Estadual de Florestas do Amapá. Plano de Manejo da Floresta Estadual do Amapá. Macapá: STCP Engenharia, 2014a.
- BORGES, K. M. R. et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Subsídio ao Manejo do Fogo e ao Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federais. Biodiversidade Brasileira-BioBrasil, n. 2, p. 168-178, 2021.
- BUAINAIN, A. M. et al. Desafios para agricultura nos biomas brasileiros. Área de Informação da Sede-Livro científico (ALICE), – Brasília, DF: Embrapa, 69, 2020.
- CALDAS, R.C. Verão e inverno amazônicos: uma análise da relação entre o conceito científico e a concepção popular de clima a partir das localidades ribeirinhas do distrito de Juaba no município de Cametá – Pará. Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Tocantins-Cametá, 65p, 2018.
- CORDEIRO, L. C. et al. Análise temporal da ocorrência de focos de calor e uso e cobertura do solo no município de Marabá, Pará, Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 1, 9p, 2022.
- COSTA, Renan Ribeiro et al. Análise dos focos de calor no estado do Pará no período de 2016 a 2019. Research, Society and Development, v. 11, n. 6, p25, 2022.
- FERNANDES, T et al. Detecção e análise de focos de calor no município de Parauapebas-PA, Brasil por meio da aplicação de geotecnologia. Enciclopédia Biosfera, v. 15, n. 28, 2018.
- GONTIJO, G. A. et al. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. Anais, v. 15, p. 7966-7973, 2011.
- INPE. Banco de Dados de queimadas. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 22 de out. 2200
- INPE. Perguntas Frequentes. BD Queimadas, 2022. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- JUNIOR, MODESTO et al. Roça sem fogo: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. 2020.
- LOPES, A. C. L. et al. Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 2, p. 298-303, 2017.
- NASCIMENTO, G. C.; SENNA, M. C. A. A Influência de eventos El Niño e La Niña na avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios no Pará. Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 4, p. 189-201, 2020.
- SILVA JÚNIOR, O. M.; PAIVA, P. F. P.; NASCIMENTO, A. N.T.; BRAGA, T. G.; BAIA, M. M.. Análise dos focos de calor no estado do Amapá entre os anos de 2017 a 2020. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.9, p.622-631, 2021.
- VILHENA, J. E. S. et al. Climatologia do Amapá: quase um século de história. Brasil: Gramma. 2018

Submissão: 17/02/2023

Aprovado para publicação: 16/05/2023