

Geotecnologia aplicada na identificação de incidências de queimadas no município de São Félix do Xingu/PA

Geotechnology applied in the identification of fire incidences in the municipality of São Félix do Xingu/PA

Geotecnología aplicada a la identificación de incidentes de incendios en el municipio de São Félix do Xingu/PA

Recebido: 18/03/2022 | Revisado: 23/03/2022 | Aceito: 27/04/2022 | Publicado: 30/04/2022

Mateus Trindade Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0570-5475>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: mateustrindade3000@gmail.com

Caio da Conceição Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5394-7087>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: caioccr16@gmail.com

Henrique dos Santos Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1198-575X>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: henrique17moura@gmail.com

Raimara Reis do Rosário

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0502-2420>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: raimara.reis.rr@gmail.com

Francimary da Silva Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-8779>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: francimarycarneiro@gmail.com

Lucyana Barros Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9584-9274>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: lucyana_barros@hotmail.com

Regina Célia Silva de Jesus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2761-688X>
Universidade Federal Rural Amazônia, Brasil
E-mail: reginacsj@hotmail.com

Denise de Fátima de Jesus Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0383-5009>
Universidade Federal Rural Amazônia, Brasil
E-mail: denisefjc@hotmail.com

Charles Benedito Gemaque Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5966-9556>
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, Brasil
E-mail: gemaque.charles@gmail.com

Wander Luiz Da Silva Ataíde

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-0887>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: wander_luiz7@yahoo.com.br

Resumo

O estado do Pará apresenta as maiores taxas de desmatamento da Região Norte, apesar de o desmatamento ser relativamente recente no município de São Félix do Xingú, o mesmo apresenta uma das maiores taxas de desmatamento da Amazônia Brasileira. Neste estudo objetivamos analisar por meio de geotecnologias, a distribuição espacial e temporal de queimadas durante dois anos neste município. O município apresentou um aumento significativo de alertas de cicatrizes de queimadas e consequentemente um aumento na extensão de áreas degradadas pela ação do fogo. Houve um aumento na ocorrência dos focos de calor à medida que houve uma redução nos níveis de precipitação, sendo influenciados tanto por fatores antrópicos quanto ambientais. A maior concentração de focos de calor está na APA Triunfo do Xingu. A utilização de dados disponibilizados por órgãos públicos associados aos

recursos de SIG permitiu identificar a localização, o formato e o tamanho da área atingida pelos focos de queimadas no município durante o intervalo de tempo analisado, possibilitando seu uso no planejamento de combate a incêndios, principalmente em regiões de grande extensão territorial, proporcionando eficiência e rapidez na prevenção e combate a incêndios de grandes proporções.

Palavras-chave: Focos de queimada; Alteração da cobertura vegetal; Sudeste paraense.

Abstract

The state of Pará has the highest deforestation rates in the North Region, although deforestation is relatively recent in the municipality of São Félix do Xingú, which has one of the highest deforestation rates in the Brazilian Amazon. In this study we aim to analyze, through geotechnologies, the spatial and temporal distribution of fires during two years in this municipality. The municipality showed a significant increase in fire scar alerts and consequently an increase in the extent of areas degraded by the action of fire. There was an increase in the occurrence of hotspots as there was a reduction in precipitation levels, being influenced by both anthropic and environmental factors. The highest concentration of hotspots is in APA Triunfo do Xingu. The use of data made available by public agencies associated with GIS resources allowed the identification of the location, shape and size of the area affected by fires in the municipality during the analyzed time interval, enabling its use in firefighting planning, mainly in regions of large territorial extension, providing efficiency and speed in preventing and fighting large-scale fires.

Keywords: Fire outbreaks; Change in vegetation cover; Southeast Pará.

Resumen

El estado de Pará tiene las tasas de deforestación más altas de la Región Norte, aunque la deforestación es relativamente reciente en el municipio de São Félix do Xingú, que tiene una de las tasas de deforestación más altas de la Amazonía brasileña. En este estudio pretendemos analizar, a través de geotecnologías, la distribución espacial y temporal de los incendios durante dos años en este municipio. El municipio mostró un aumento significativo en las alertas de cicatrices de incendios y, en consecuencia, un aumento en la extensión de las áreas degradadas por la acción del fuego. Hubo un aumento en la ocurrencia de hotspots a medida que hubo una reducción en los niveles de precipitación, influenciados tanto por factores antrópicos como ambientales. La mayor concentración de hotspots está en APA Triunfo do Xingu. El uso de datos puestos a disposición por organismos públicos asociados a los recursos SIG permitió identificar la ubicación, forma y tamaño del área afectada por incendios en el municipio durante el intervalo de tiempo analizado, posibilitando su uso en la planificación del combate de incendios, principalmente en regiones de gran extensión territorial, aportando eficacia y rapidez en la prevención y lucha contra incendios de gran magnitud.

Palabras clave: Brotes de incendios; Cambio en la cubierta vegetal; Sudeste de Pará.

1. Introdução

O estado do Pará apresenta as maiores taxas de desmatamento da Região Norte onde o arco do desmatamento se dá sobre as Mesorregiões do Sudeste Paraense e do Sudoeste Paraense até alcançar a Mesorregião do Baixo Amazonas (Villela et al., 2016). Embora o fogo desempenhe um papel importante na regeneração das plantas, sua utilização mesmo nos termos mais legítimos pode causar resultados desfavoráveis, incluindo aqueles que causam danos ambientais, econômicos e sociais (Neves & Conceição, 2010; Sousa et al., 2015, Alves et al., 2020). As queimadas são eventos que podem ter origem natural recorrentes em climas áridos e semiáridos (Brasil escola, 2021). Os incêndios florestais, são problemas ambientais que podem se configurar como risco mundial, dessa forma, torna-se uma problemática vigente de toda a sociedade tal qual a comunidade científica, principalmente no que tange a elaboração de metodologias e técnicas para o monitoramento deste tipo de evento (Costa et al., 2018). Botelho et al. (2019) afirma que o número de incêndios no contexto amazônico reflete um cenário preocupante que ocasiona impactos socioeconômicos e ambientais, como a degradação da biodiversidade e da paisagem, juntamente com efeitos negativos na saúde humana e na economia de populações rurais que dependem das florestas para a obtenção de produtos extrativistas que são destinados para a comercialização.

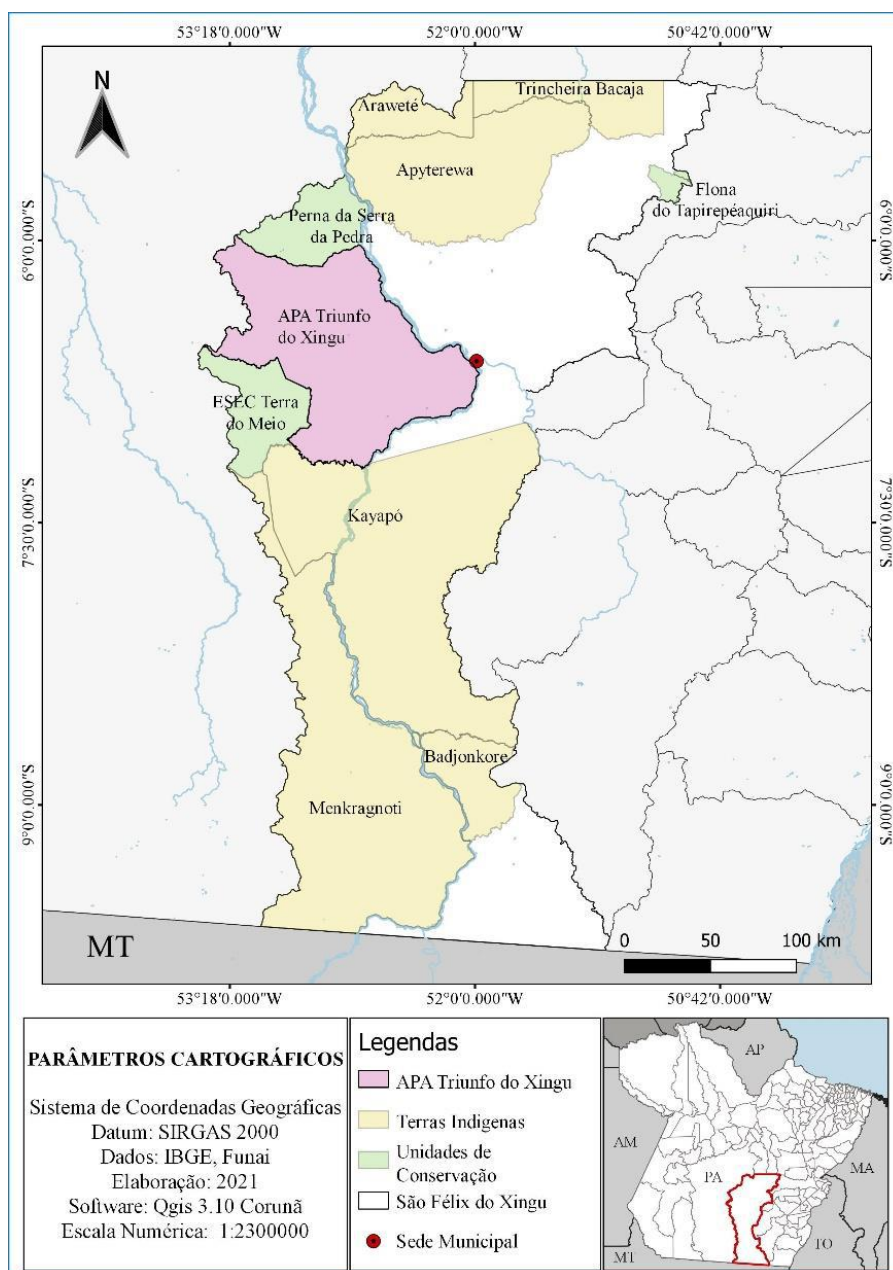
O município de São Félix do Xingú que historicamente foi marcado pela exploração mineral e extração madeireira como cassiterita, ferro e ouro, o que posteriormente deu início a fase de desenvolvimento da pecuária na região (Kawakubo et al., 2013). Possui um desmatamento relativamente recente, que data de 1990, porém o município apresenta uma das maiores taxas de desmatamento da Amazônia Brasileira de acordo com os dados do PRODES-Digital. Dessa forma o governo federal

tem criado barreiras como Terras Indígenas e Unidades de Conservação com o intuito de conter o avanço do desmatamento na região. Neste contexto este estudo teve como objetivo analisar por meio de geotecnologias a distribuição espacial e temporal de queimadas durante o período de 2019 a 2020 no município de São Félix do Xingu.

2. Metodologia

A área de estudo compreende o município de São Félix do Xingu localizado no sudeste do estado do Pará, com coordenadas geográficas de 6°38'13.34" Sul e 51°58'25.87" Oeste e ocupa uma área de 84.121,958 km². O clima da região é tipo Am segundo a classificação de Köppen-Geiger. Esse tipo climático apresenta temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C, além disso, possui uma estação seca de curta duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação (Golfari et al., 1978).

Figura 1. Mapa de localização do município de São Félix do Xingu.



Fonte: Autores.

Os dados shapefiles foram obtidos na base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os de focos de calor e aos dados frequentes do Deter foram adquiridos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), localizados no site TerraBrasilis. Para isso, foram gerados filtros temporais para os anos de 2019 e 2020 e para as classes, onde as cicatrizes de queimadas são o foco do estudo.

Os dados coletados em arquivos shapefile foram importados para o ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizando o QGIS, versão 3.16.6 Hannover e versão 3.10 Corunã. Com os dados de focos de calor foram estimadas as densidades dos focos de queimadas com a utilização da ferramenta Mapa de calor (Estimativa de densidade de Kernel) do software QGIS.

O estimador de densidade kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática que varia de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (Silverman, 1986 apud Souza et al., 2013).

A partir da densidade de Kernel, foram gerados dois rasters, imagens constituídas por uma matriz de pixels também chamados células, cada um contendo um valor que representa as condições presentes na área coberta por determinada célula, um do ano de 2019 e o outro do ano de 2020, no qual foram processados na opção banda simples “falsa-cor” na renderização da banda. Para o critério de classificação foram utilizados cinco graus de densidades: Azul para densidade muito baixa, Verde para baixa densidade, Amarela para média densidade, Laranja para alta densidade e Vermelha para intensa densidade.

Para este estudo foi utilizado o Deter, que consiste em dar suporte à fiscalização (IBAMA) e controle ao controle de desmatamento e degradação florestal, criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tal projeto atua como alertas da mudança da cobertura do solo (Observação da Terra, 2021). A abordagem utilizada pelo Deter é feita a partir de uma detecção de modificação da cobertura de 3 hectares, tais alertas indicam: Desmatamento, degradação e exploração madeireira. O Instituto é o responsável direto por desenvolver um sistema de monitoramento, aplicar a sua usabilidade à Região Amazônica e divulgar os dados para que órgãos responsáveis em fiscalizar e mitigar os crimes ambientais possa agir e tomar decisões (DINIZ et al., 2015).

Foram gerados mapas qualitativos que expressam a localização, o formato e o tamanho da área em hectares que sofreu modificação com os focos de queimadas.

3. Resultados e Discussão

O município de São Félix do Xingu não apresentou no mês de janeiro alertas de cicatriz de queimada, mas em fevereiro apresentou três alertas que atingiram uma área de 68,259 ha, no entanto, entre os meses de março a maio, assim como, em janeiro, não apresentou alertas de tais cicatrizes. No mês de junho foi identificado apenas um alerta que atingiu 22,295 ha, mas no mês seguinte o número de alertas subiu para quatro devastando uma área de 46,72 ha. No mês de outubro foram registrados 45 alertas alcançando uma área de 2.023,07 ha, enquanto que no mês de novembro foram registrados 10 alertas que atingiram uma área de 598,243 ha, porém no mês de dezembro não houve nenhum indício de alertas de cicatrizes de queimadas na região.

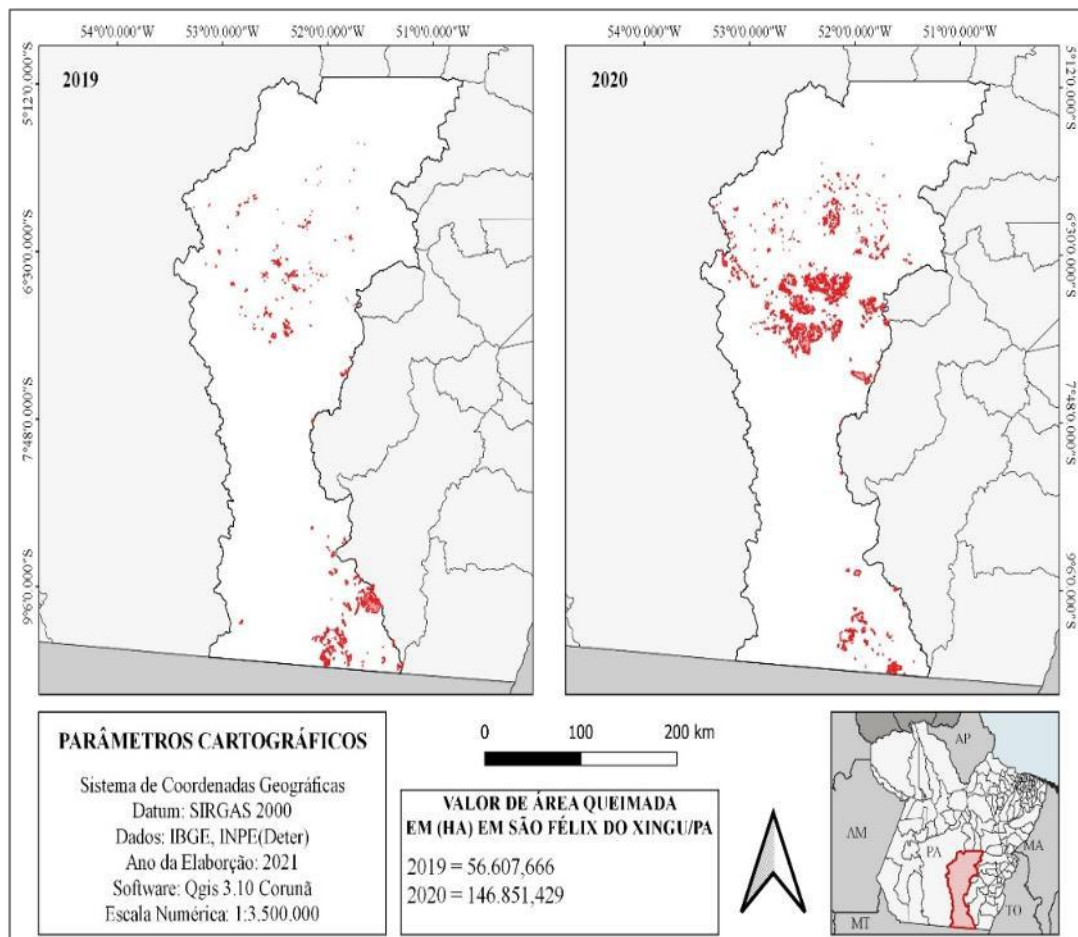
Os meses de agosto e setembro apresentaram os maiores números de alertas, sendo detectado 310 alertas de cicatrizes de queimadas atingindo uma área de 12.937,81 ha e cerca de 209 alertas foram registrados atingindo uma área de 40.911,27 ha, respectivamente. No intervalo desses dois meses citados anteriormente houve uma redução de 32,58% no número de alertas, assim como, ocorreu um aumento de 216,21% na extensão de áreas atingidas pelo fogo. Tal aumento no mês de agosto pode estar relacionado não somente a estiagem que ocorreu de forma mais intensa no respectivo ano quando comparada aos anos anteriores, mas também, segundo a imprensa local, ao “Dia do Fogo”, evento este que ocorreu no dia 10 de agosto de 2019 realizado por fazendeiros do entorno da BR 163 como forma de protesto e com o intuito de realizar a limpeza das áreas para a formação de pastagem (BBC NEWS - BRASIL, 2019).

Para a distribuição mensal de cicatriz de queimada em 2020. No intervalo de tempo entre os meses de janeiro e abril não houve alertas de cicatriz de queimada e conseqüentemente nenhuma extensão de área fora atingida pela ação do fogo. Os meses de maio e junho apresentaram dois alertas alcançando uma área de 67,159 ha e 57,814 ha, respectivamente. O mês de

julho apresentou 10 alertas atingindo uma área de 776,989 ha. No mês de agosto foi detectado 274 alertas de cicatriz de queimadas atingindo uma área de 14.366,22 ha, enquanto que no mês de setembro houve um aumento no número de alertas, cerca de 829 alertas de focos de cicatriz de queimadas foram registrados, alcançando uma área em torno de 106.223,32 ha, porém no mês de outubro o nível de alertas reduziu para 354 correspondendo a 23.388,27 ha de área desmatada, ou seja, durante um período de 3 meses houve um aumento de 29,2% no número de alertas, assim como, ocorreu um aumento de 62,8% na extensão de áreas atingidas pelo fogo. Em novembro foram registrados 44 alertas que degradaram uma área de 1.771,07 há, no mês subsequente houve apenas cinco alertas atingindo uma área de 257,596 ha. Concluindo-se que no ano de 2019 identificou-se um total de 582 alertas de cicatrizes de queimadas, enquanto em 2020 registrou-se um total de 1520 alertas de cicatriz de queimada.

Em 2019, uma área com 56.607,67 ha foi devastada pela intensa atividade do fogo, porém em 2020 esse valor aumentou, pois a ação do fogo atingiu uma extensão maior alcançando 146.851,43 ha de área na região objeto de estudo (Figura 2).

Figura 2. Espacialização do valor de área queimada em São Félix do Xingu em 2019 e 2020.



Fonte: Autores.

Ao comparar o intervalo de tempo analisado (2019-2020) identificou-se um aumento de 161,17% no número de cicatriz de queimada registrados pelo INPE e um consequente aumento de 159,42% de áreas queimadas.

Nos seis primeiros meses do ano a ocorrência dos focos de calor variou de valores relativamente altos a valores

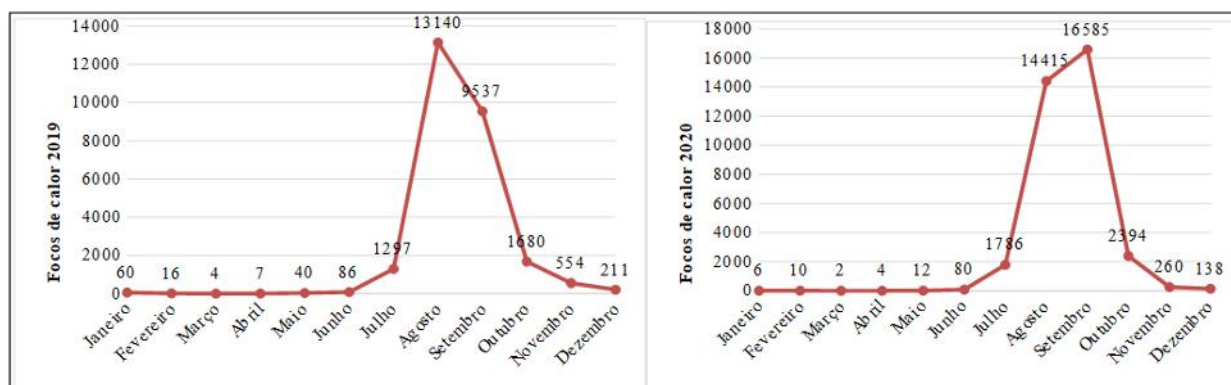
baixos, porém atingiu o ápice de focos entre os meses de julho e agosto onde houve um aumento acentuado, no entanto, a partir do mês de setembro até meados de dezembro houve uma significativa redução da ocorrência de focos de calor.

Ao observar a evolução dos focos de calor ao longo do ano de 2019, nota-se um número acentuado de focos de calor totalizando 26.632 ocorrências, representando um aumento de 251,67% na ocorrência de focos de calor nessa região nesse mesmo período (Figura 3).

Nos cinco primeiros meses do ano a ocorrência dos focos de calor apresentou variações baixas, porém a partir do mês de junho houve um aumento no número de ocorrências atingindo no mês de setembro um valor elevado de focos de calor, porém nos meses seguintes houve uma significativa redução da ocorrência desses focos.

Os elevados índices de focos de calor detectados apresentam relação com a forma de preparo do solo para expandir as atividades agropecuárias, frequentemente, a técnica mais utilizada é o uso do fogo (Costa, 2013) que apresenta um histórico de utilização na referida região (Neto, et al., 2019). A ocorrência de queimadas na Amazônia está relacionada ao modo em que é alterada a vegetação nativa para o uso alternativo do solo, devido este método ser viável economicamente e de fácil aquisição pelos pequenos agricultores (Moraes & Bezerra, 2017).

Figura 3. Distribuição mensal de focos de calor em 2019 e 2020.



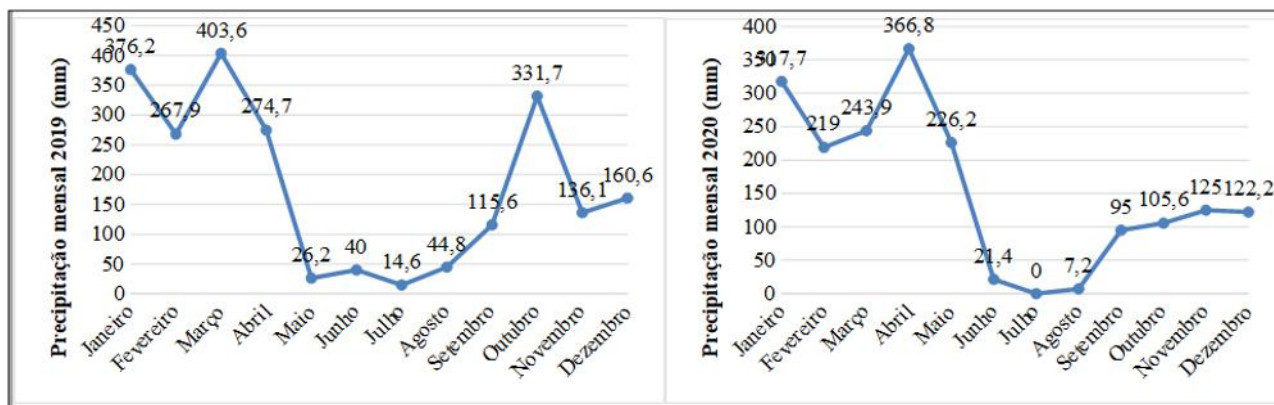
Fonte: INPE, 2019-2020.

Observando a evolução dos focos de calor ao longo do ano de 2020, chegou-se a conclusão que foram detectados um total de 35.692 ocorrências de focos de calor, representando um aumento de 2.200% na ocorrência desses focos na região de São Félix do Xingu nesse mesmo período. Ao comparar o intervalo de tempo analisado (2019-2020) identificou-se um aumento de 34,0% no número de alertas de focos de calor registrados pelo INPE.

Ao analisar os índices pluviométricos identificou-se que entre os meses de janeiro e fevereiro os índices de precipitação apresentaram uma redução, porém atingiu o ápice de precipitação no mês de março. A partir do mês de abril houve uma queda acentuada de precipitação que se manteve em níveis baixos entre os meses de maio e julho. No entanto, no mês de agosto ocorreu um crescimento que perdurou até o mês de outubro, mas nos meses subsequentes houve uma redução dos níveis de precipitação (Figura 4).

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Santos, et al. (2020), o período que apresenta índices pluviométricos elevados compreende o mês de janeiro a abril, onde o maior o pico do volume de água ocorre no mês de março. Além disso, ao correlacionar o número de focos de calor nesse mesmo período aos índices de precipitação notou-se que a ocorrência desses focos, nos meses citados anteriormente alcança valores insignificantes (Santos, et al., 2020), corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho.

Figura 4. Precipitação mensal em 2019 no município de São Félix do Xingu



Fonte: INMET, 2019-2020.

Nota-se um número elevado totalizando 2.192 mm de precipitação, representando uma redução de 57,31% nos índices de precipitação nessa região no período em questão.

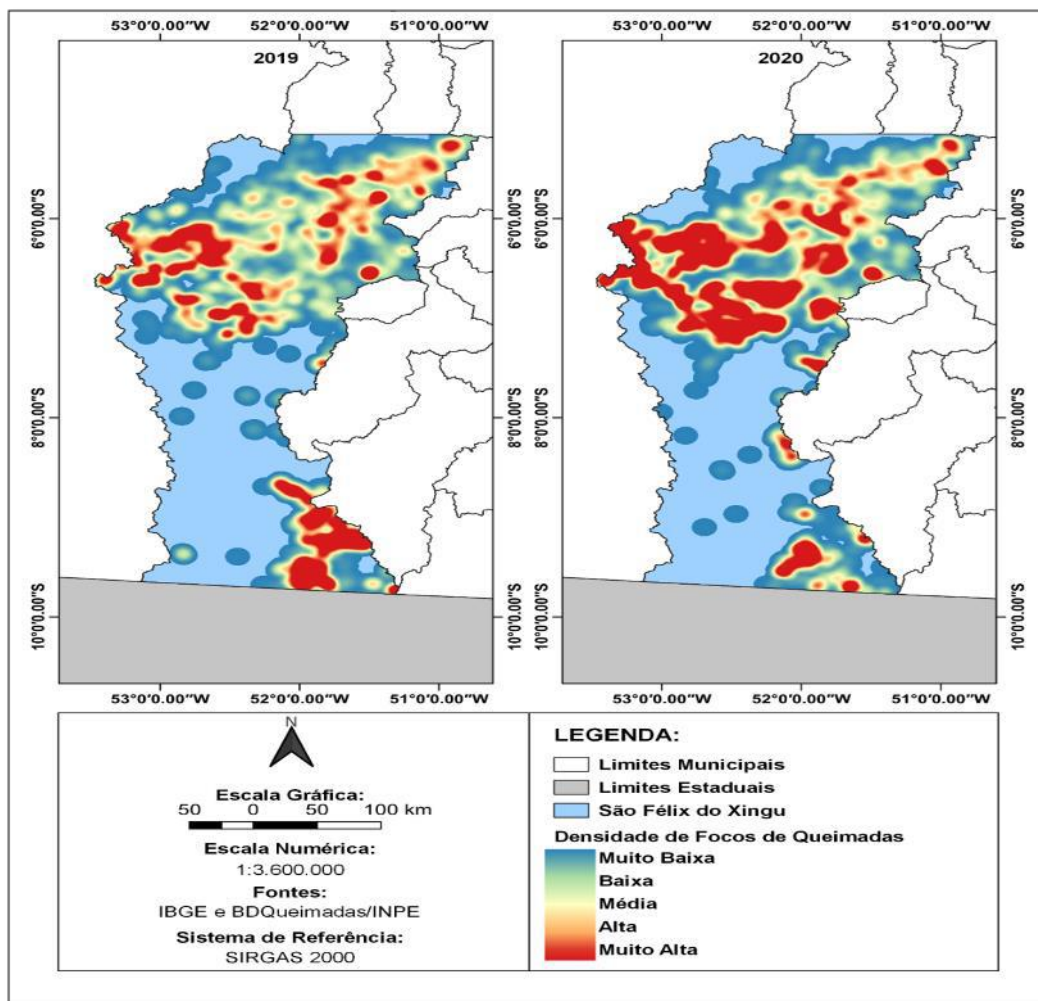
Ao analisar os índices de precipitação pluviométrica mensal para o ano de 2020, identificou-se que entre os meses de janeiro e fevereiro os índices de precipitação sofreram uma redução, no entanto, a partir do mês de março até ao mês de abril houve um aumento nos índices de precipitação. A partir do mês de maio ao mês de julho houve uma intensa redução em sua ocorrência, mas nos meses subsequentes apresentou um aumento, porém não muito significativo como ocorreu no mês de abril.

O período de junho a setembro é considerado o de menor incidência de chuvas na região (Macedo, et al., 2013). Os estudos de Santos, et al. (2020) corrobora com os dados obtidos no presente trabalho, pois constatou que a média pluviométrica decaiu a partir do mês de maio atingindo níveis críticos de estiagem no mês de julho e agosto, mês este em que acontece o “verão amazônico” e que foi registrado o maior ápice do número de focos, tais fatos explicam o intenso número de focos de calor registrados, tendo em vista, que o ambiente está mais suscetível a expansão do fogo. O referido autor identificou também que a partir do mês de setembro houve um aumento da precipitação ocorrendo esse crescimento nos meses seguintes até o mês de dezembro. (Santos, et al., 2020).

Analisando a ocorrência de precipitação mensal no ano de 2020, constatou-se 1.850 mm de precipitação, representando uma redução de 61,0% nos índices de precipitação nessa região no período em questão. Ao comparar o intervalo de tempo analisado (2019-2020) identificou-se uma redução de 15,6% nos índices de precipitação pluviométrica registrados pelo INMET.

Nos mapas de Kernel, podemos observar os resultados da interpolação dos focos de calor gerados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIGs), em cada um dos anos avaliados, analisando a intensidade dos focos de calor na região, e consequentemente estimando a densidade do mesmo por meio do uso de cinco classes (Figura 5).

Figura 5. Espacialização dos focos de calor em São Félix do Xingu em 2019 e 2020.



Fonte: Autores.

Segundo Neto, et al. (2020) a espacialização dos focos de calor em São Félix do Xingu de 2008 a 2017 estão mais concentradas na APA Triunfo do Xingu em função da distribuição da paisagem devido ao assentamento Pombal (Chaves, 2016), nos assentamentos ao norte, na região sudeste (Neto, et al., 2020) e noroeste (Santos, et al., 2020), resultados estes semelhantes ao que foi observado nessa pesquisa, sendo necessário ressaltar que a elevada incidência de focos de fogo na região sudeste pode estar relacionada a intensa atividade agropecuária desenvolvida na fronteira com o estado de Mato Grosso (Neto, et al., 2020).

Detectou-se também a dispersão de focos na região nordeste, no entorno da sede do distrito municipal e ao longo da rodovia transamazônica (BR-230) em decorrência do aumento da grilagem de terras que são frequentemente praticadas nessa região (Costa & Reis, 2017).

Na região central, sudoeste e extremo norte não há elevada incidência de focos. Tal fato pode ser justificado pela existência de Terras Indígenas (TI), sendo esta categoria de uso a que apresenta menor intensidade de focos, demonstrando que existe uma proteção desse território por parte de seus ocupantes evitando assim esse tipo de dano ao meio ambiente (Abreu; Souza, 2016).

A dispersão de focos de calor no interior da APA Triunfo do Xingu possui uma relação com a concentração populacional (Gemaque, 2012), principalmente na extensão da estrada Canopus, tendo em vista que as margens da mesma

existem propriedades rurais de pequeno e médio porte (Costa, 2013).

De acordo com Costa (2013), a categoria de uso da APA Triunfo do Xingu também contribui para o aumento desses focos, levando em consideração que esta é pouco restritiva, associado a isso existem atividades como pecuária, mineração e extração madeireira que contribuem significativamente para a degradação desse território. Vale ressaltar que esta mesma região passa por um processo de ordenamento e regularização ambiental, contribuindo dessa forma com o uso irregular de áreas e o aumento na incidência de focos.

4. Considerações Finais

O município de São Félix do Xingu apresentou no período de 2019 a 2020 um aumento significativo de alertas de cicatrizes de queimadas e conseqüentemente um aumento na extensão de áreas degradadas pela ação do fogo.

No que diz respeito à relação existente entre os focos de calor e a ocorrência de precipitação pluviométrica houve um aumento na ocorrência desses focos à medida que houve uma redução nos níveis de precipitação, sendo influenciados por fatores antrópicos e ambientais.

A espacialização dos focos de calor demonstrou que a maior concentração está na APA Triunfo do Xingu devido à alta concentração populacional, categoria de uso considerada pouco restritiva as atividades desenvolvidas e o enfrentamento ao processo de ordenamento e regularização ambiental que ocorre na região, assim como, existe ocorrência dos focos nas regiões norte, sudeste e noroeste do município. Não havendo elevada incidência de focos na região central, sudoeste e extremo norte podendo ser justificado pela presença de Terras Indígenas (TI).

A utilização de dados disponibilizados por órgãos públicos associados aos recursos de SIG permitiu identificar a localização, o formato e o tamanho da área atingida pelos focos de queimadas durante o intervalo de tempo analisado, possibilitando seu uso no planejamento de combate a incêndios, principalmente em regiões de grande extensão territorial, proporcionando eficiência e rapidez na prevenção e combate a incêndios de grandes proporções.

Referências

- Alves, R. J. M.; Gonçalves, W. G.; Gonçalves, J. P.; Raulino, S. S.; Sousa, F. B. B. de. (2020). Análise espacial dos focos de calor no estado do Pará - Brasil. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 9, n. 11, p. e66491110387. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10387. Neves, S. P. S., & Conceição, A. A. (2010). Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. *Acta Botanica Brasílica*, 24 (3), 697-707.
- BBC News – Brasil. (2021). *Locais com mais queimadas também tiveram mais desmatamento, diz estudo*. -. <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49443561>.
- Botelho, M. G. L.; Furtado, L. G.; Lima, D. De A.; Pimentel, B. Dos S.; Machado, A. Do S. O.; Almeida Júnior, J. P. De; Costa, M. Do S. S.; Pontes, A. N. (2020). Avaliação temporal e espacial de focos de calor em Paragominas, PA, Brasil. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 9, n. 7, p. e589974501. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4501.
- Brasil Escola. (2021). *Queimadas: causas, conseqüências, soluções*. <https://brasilecola.uol.com.br/imprimir/126958.2021>.
- Brasil. (2021). *Observação da terra - Deter, INPE*. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>.
- Chaves, I. S. B. (2016). *Utilização de métricas da paisagem na análise dos remanescentes de vegetação em uma área privada do município de São Félix do Xingu-PA*. Monografia, Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização. Universidade de Brasília – UNB.
- Costa, A. L. S. (2013). *Efetividade de gestão da área de proteção ambiental Triunfo do Xingu: desafios de consolidação de uma unidade de conservação na região da Terra do Meio, estado do Pará*. 2013. 201f. Tese (Doutorado em Ciências do Desenvolvimento Socioambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém.
- Diniz, C. G.; Souza, A. A. A.; Santos, D. C.; Dias, M. C.; Luz, N. C.; Moraes, R. V.; Maia, J. S.; Gomes, A. R.; Narvaes, I. S.; Valeriano, D. M.; Maurano, L. E. P.; Adami, M. Deter-B. (2015). The new amazon near real-time deforestation detection system. *Ieee Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Piscataway, Nova Jersey*, v. 8, n. 7, p. 3619-3628.
- Gemaque, C. B. S. (2012). Análise dos pontos críticos na APA Trinfo do Xingu. Belém: SEMA, DIAP. 15p. Relatório Técnico.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. (2021). Mapas de municípios estados brasileiros. Disponibilizados em <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>.

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais – INPE. (2021). BDQueimadas, focos de calor. Disponibilizados em <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>.

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais – INPE. (2021). TerraBrasilis, Deter dentro do município de São Félix do Xingu. Localizados no site TerraBrasilis: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/>.

Macedo, M. R. A.; Darnet, L. A. F.; Thalês, M. C.; Pocard-Chapuis, R. (2013). Configuração espacial do desflorestamento em fronteira agrícola na Amazônia: um estudo de caso na região de São Félix do Xingu, estado do Pará. *Revista Nera, Presidente Prudente*, ano.16, n.22, p.96-111.

Neto, P. R. M.; Costa, C. M.; Barros, Y. S. S.; Pereira, B. C.; Oliveira, C. P.; Pinho, B. C. P.; Pinho, B. C. P.; Nunes, D. A. (2019). Dinâmica espaço-temporal da incidência de focos de queimada no município de São Félix do Xingu-PA entre os anos de 2008 a 2017. In: TULLIO, L. et al. *Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 3*. Ponte Grossa – PR: Atena Editora. p.141-151.

Santos, G. G.; Freitas, T. P. M.; Neris, J. P. F.; Santos, M. G. (2020). Uso de geotecnologias na análise espacial dos focos de calor no município de São Félix do Xingu, Pará. *Geografia: publicações avulsas, Universidade Federal do Piauí, Teresina*, v.2, n. 1, p. 395-419.

Silverman B. W. (1986). *Density Estimation For Statistics And Data Analysis*. Livro, 176p. Nova York: Chaptan And Hall.

Sousa, E., Pontes, A. N., Oliveira, A. U. L., Silva, G. V., & Dias, N. M. (2015). Incêndios oficializados no Estado do Pará: uma visão panorâmica dos tipos e causas. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, 11 (21), 2467-2475.

Souza, N. P.; Silva, E. M. G. C.; Teixeira, M. D.; Leite, L. R.; Reis, A. A.; Souza, L. N.; Acerbi Junior, F. W.; Resende, T. A. (2013). Aplicação do estimador de densidade kernel em unidades de conservação na bacia do rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: *Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR)*, 2013, Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE. p. 4958-4965.

Villela, R.; Bueno, R. S. (2016). A expansão do desmatamento no Estado do Pará: população, dinâmicas territoriais e escalas de análise. In: *Associação Brasileira De Estudos Populacionais. VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais*. Foz do Iguaçu/PR, Brasil, out.