

**Análise espacial dos focos de calor no município de São Félix do Xingu, Estado do Pará,
Brasil**

**Spatial analysis of hotspots in the municipality of São Félix do Xingu, State of Pará,
Brazil**

**Análisis espacial de puntos calientes en el municipio de São Félix do Xingu, Estado de
Pará, Brasil**

Recebido: 17/11/2020 | Revisado: 27/11/2020 | Aceito: 01/12/2020 | Publicado: 04/12/2020

Mayara Gomes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6889-4088>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: mayara_gomes12@gmail.com

Gabriele do Nascimento Furtado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6913-1848>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: gabriele.engflor@gmail.com

Resumo

O uso do fogo pelas práticas agrícolas e pecuárias, as atividades antrópicas, e o desmatamento são os principais fatores pelos altos índices de focos de queimada na região amazônica, atividade que causa grandes prejuízos ambientais, biológicos, e até mesmo de saúde pública. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi quantificar e analisar os focos de calor no município de São Félix do Xingu, entre os anos de 2009 e 2018, utilizando dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Com dados obtidos do satélite Aqua – T, equipado com o sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), e analisados no software ArcGis 10.5, utilizando o Sistema de Coordenadas Geográficas e datum SIRGAS 2000, através do processo Kernel Density para densidade e do método Quantile Method. A metodologia utilizada permitiu encontrar 34.685 focos de calor no município durante o período analisado, desses, foi observado picos de incidência nos anos de 2010 e 2017, e os meses de julho a outubro como o período de maior ocorrência. Dessa forma, o estudo mostrou-se relevante na identificação e análise dos focos de calor na área, podendo auxiliar no combate e fiscalização de queimadas.

Palavras-chave: Queimadas; Amazônia; Sensoriamento remoto.

Abstract

The use of fire by agricultural and livestock practices, anthropic activities, and deforestation are the main causes of the high rates of burning in the Amazon region, an activity that leads to environmental, biological, and even public health damages. This paper aimed to quantify and analyze the hotspots in São Félix do Xingu town, from 2009 to 2018, using National Institute for Space Research data. The data obtained from the Aqua - T satellite, with the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor, was analyzed in the ArcGis 10.5 software, using the Geographic Coordinates System and SIRGAS 2000 datum, through the Kernel Density tool and Quantile Method. The methodology used made it possible to find 34,685 hot spots were found during the analyzed period, incidence peaks were observed in 2010 and 2017, and the months from July to October showed the highest incidence of burnings in São Félix do Xingu. In this way, the study proved to be relevant in the identification and analysis of hotspots in the area, which may help in the control of forest fires.

Keywords: Burnings; Amazon; Remote sensing.

Resumen

El uso del fuego por las prácticas agrícolas y ganaderas, las actividades humanas y la deforestación son los principales factores debido a las altas tasas de incendios en la región amazónica, actividad que ocasiona grandes daños ambientales, biológicos e incluso a la salud pública. En este contexto, el objetivo del trabajo fue cuantificar y analizar los puntos calientes en el municipio de São Félix do Xingu, entre los años 2009 y 2018, utilizando datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). Con datos obtenidos del satélite Aqua-T, equipado con el sensor de Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS), y analizados en el software ArcGis 10.5, utilizando el Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 y el datum, mediante el proceso *Kernel Density* para densidad y el método *Quantile Método*. La metodología empleada permitió encontrar 34.685 puntos calientes en el municipio durante el período analizado, de estos, se observaron picos de incidencia en los años 2010 y 2017, y los meses de julio a octubre como el período de mayor ocurrencia. Por lo tanto, el estudio demostró ser relevante en la identificación y análisis de puntos calientes en el área, y puede ayudar a combatir e inspeccionar incendios.

Palabras clave: Quemaduras; Amazonas; Detección remota.

1. Introdução

No Brasil, as queimadas são mecanismos muito utilizados na agricultura, tanto na sua forma primitiva, como em sistemas de produção intensificados, atuando no sentido de eliminarem resíduos, pragas ou ainda de renovação de pastos (Miranda, 2002). De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2019), dentre os países da América do Sul, o Brasil é o líder em queimadas, concentrando-se nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste respectivamente.

A produção científica tem acumulado evidências que apontam para o aumento da inflamabilidade do bioma amazônico (Malhi et al., 2009). Segundo Shimabukuro et al. (2015) e Aragão et al. (2016), as queimadas na Amazônia se tornaram mais frequentes por conta do aumento das taxas de desmatamento na região, já que possui estreita relação com o processo de desmatamento e manejo de áreas agrícolas e pecuárias.

Vale ressaltar que as queimadas também são provocadas por condições naturais (FAO, 2001). De acordo com Mendoza (2002), condições climáticas favoráveis como períodos de pouca chuva e baixa umidade do ar ajudam no alastramento do fogo. Além dos períodos de seca, a ocorrência do fenômeno *El niño* intensifica a ocorrência de queimadas na região Amazônica, segundo Vasconcelos et al. (2013).

A preocupação a respeito das queimadas vem crescendo progressivamente por conta dos diversos impactos ambientais e sociais decorrentes dessa atividade. Os danos ambientais concentram-se principalmente na emissão de gases traços e aerossóis, que perturbam o ciclo de carbono, além de alterar a composição química da atmosfera, podendo atingir o balanço hídrico, diminuindo os registros de precipitação, segundo Miranda et al. (2009). Botelho et al. (2020) também destaca 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.

Conforme Araújo et al. (2013), as queimadas levam a um círculo vicioso por conta das emissões de dióxido de carbono, visto que esse gás intensifica e propicia as condições ambientais ainda mais favoráveis à ocorrência de queimadas, contribuindo para a continuação desse processo. Além do mais, as queimadas podem prejudicar a saúde das pessoas, sobretudo, os mais suscetíveis como idosos e crianças, aumentando a demanda nos serviços de saúde pública e privada, esclarecem Gonçalves et al. (2012) e Souza (2017).

No estado do Pará, um dos municípios que vem recebendo destaque pela sua aptidão ao agronegócio, tanto na agricultura como na pecuária é São Félix do Xingu, afirma Alves (2019). No entanto, ele está entre aqueles com maiores índices de desmatamento, inclusive integra a lista de Municípios Prioritários do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que apresenta a maior área desmatada por município 17.299,30 km² até 2012 (IDESP, 2013). Em vista disso, a sua investigação é de extrema importância, pois há grande potencial para a ocorrência de queimadas devido a tais atividades antrópicas.

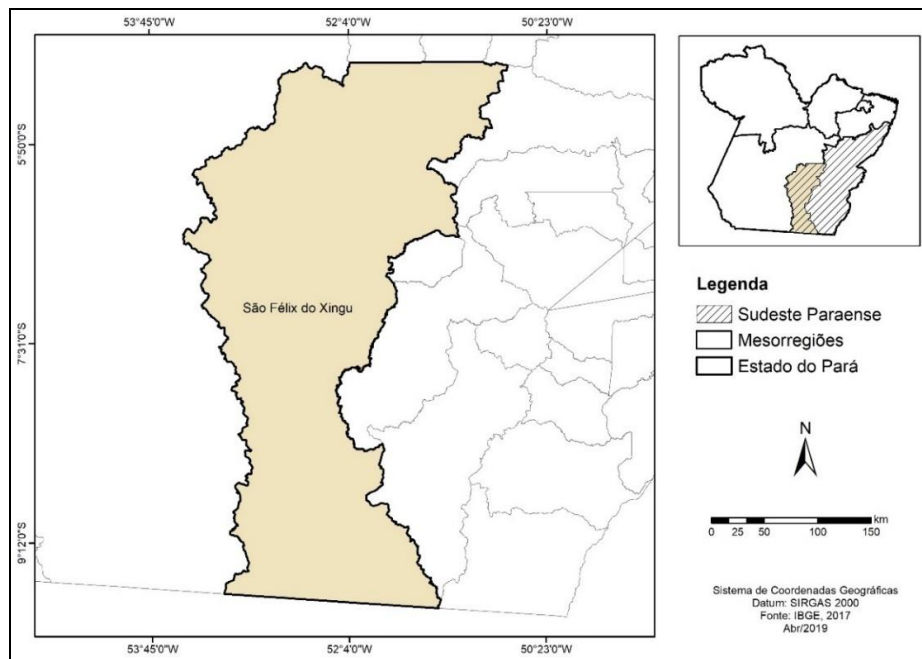
Mediante esse cenário, as geotecnologias surgem como um importante recurso de subsídio na identificação das queimadas permitindo localizar, quantificar e fazer estudos de análises espaço-temporais das áreas onde ocorrem incêndios, segundo Santos et al. (2011). Dentro das geotecnologias, o sensoriamento remoto e as técnicas do geoprocessamento, permitem a coleta, análise e demonstração dos focos de calor (Anderson et al., 2005, Santos et al., 2011). Nessa perspectiva, o trabalho em questão teve como objetivo quantificar e analisar os focos de calor em São Félix do Xingu anualmente, de 2009 a 2018, utilizando dados do monitoramento do INPE.

2. Metodologia

A área estudada está situada no município de São Félix do Xingu, localizado na mesorregião Sudeste Paraense do estado do Pará, esquematizado na Figura 1. O município é um dos 144 municípios do estado e ocupa uma área de aproximadamente 84.212,932 km², com população estimada de 124.763 habitantes (IBGE, 2018). Em 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) correspondia a 0,594, considerado baixo, de acordo com a classificação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2013).

Segundo o relatório do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Pará, o município possui uma grande extensão de florestas, ocupando cerca de 17.122 km², com predominância de florestas ricas em espécies de valor comercial (Pará, 2006).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Para a realização do mapeamento dos focos de calor em São Félix do Xingu foram utilizados dados do Programa de Banco de Dados de Queimadas (BD Queimadas), desenvolvido pelo INPE (2019). Os dados foram obtidos do satélite Aqua – T, equipado com o sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). O sensor opera em 36 canais espectrais, e possui um comprimento de onda que varia de 0,4 a 14,4 μm . O satélite foi escolhido por ser considerado um satélite de referência, devido aos seus dados diários de focos serem usados para compor a série temporal ao longo dos anos. (INPE, 2019).

Os dados de focos de calor foram coletados para o município anualmente, no período de 2009 a 2018. Além disso, também foram usados dados provenientes da base cartográfica do IBGE, ambos no formato *shapefile* e que são disponibilizados gratuitamente.

A análise foi realizada no software ArcGis 10.5, utilizando o Sistema de Coordenadas Geográficas e datum SIRGAS 2000. Os focos foram sobrepostos à área de São Félix do Xingu e posteriormente foi realizado o processo *Kernel Density*, algoritmo estimador de densidade, por meio do método *Quantile Method*. Esse interpolador é comumente utilizado para gerar uma superfície contínua através de dados vetoriais do tipo pontos (Silva et al., 2013).

As densidades foram classificadas em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, e representadas pelas respectivas cores: verde escuro, verde, amarelo, laranja e

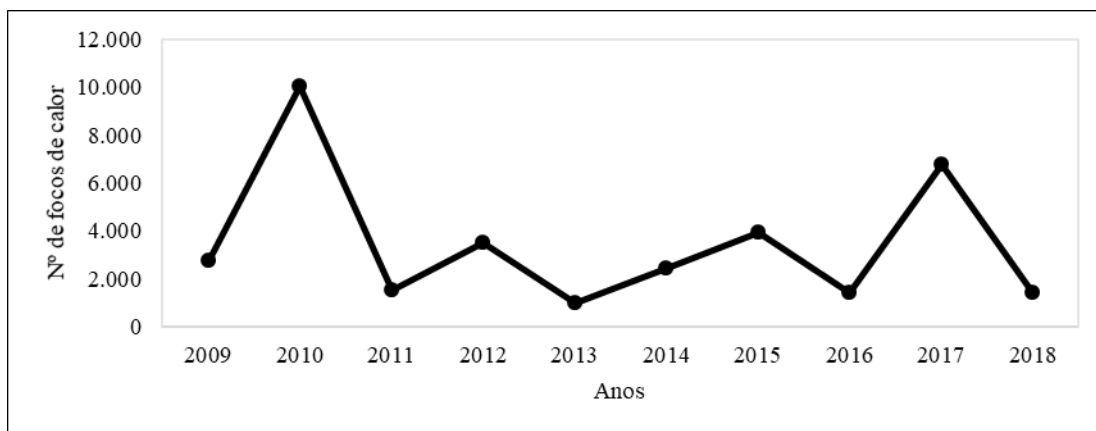
vermelho, utilizando metodologia de Lopes et al. (2017) adaptada. Nesta, os autores criaram mapas de distribuição anual dos focos de calor e identificação dos locais de maior ocorrência dos mesmos.

Por fim, foram elaborados os mapas temáticos e os dados exportados para o software Microsoft Excel, para tabulação e análise estatística descritiva dos resultados, onde foi possível a identificação dos locais de maior ocorrência de focos de calor, tal como os meses mais críticos em relação às queimadas.

3. Resultados e Discussão

A partir da metodologia aplicada, foram detectados um total de 34.685 focos de calor no período observado. Os anos de 2010 e 2017 foram considerados anos de picos, ou seja, com maior incidência de focos, 10.053 e 6.750 focos respectivamente, como mostra a Figura 2.

Figura 2. Número de focos de calor por ano.



Fonte: INPE, (2019).

Segundo Rosan et al. (2017), especificamente em 2010 houve um período de seca mais severa, fato esse que pode ter contribuído para o maior número de focos de calor na área. Resultados que também corroboram com Santos et al. (2017), que destacou um pico no ano de 2010 nas emissões de monóxido de carbono sobre a América do Sul, os autores concluem que em um ano de seca a possibilidade de queimadas aumenta consideravelmente, conduzindo a elevadas emissões de CO.

Somente entre janeiro e junho de 2010 foram emitidas 15 portarias na região norte do país, segundo a Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2010), estado de calamidade pública devido à estiagem e secas desse ano. Considerando os acidentes ambientais registrados pelo Instituto brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), na região Norte do Brasil, cerca de 32% corresponderam a categoria explosão/incêndios (IBAMA, 2011).

De acordo com INPE, no ano de 2017 a densidade dos focos de calor se destacou como pico por estar relacionada a distribuição das anomalias de Temperatura da superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos Pacífico e Atlântico. Essa anomalia provocou uma inibição no desenvolvimento vertical das nuvens e, por sua vez, somado à massa de ar seco que atingiu áreas do Centro Sul do estado do Pará, reduziram a ocorrências de chuvas em quase todo o Pará. Aliado a isso, altas temperaturas, grande amplitude térmica e baixo índice de umidade relativa do ar, eram condições que favorecem incêndios florestais.

Seguido de 2010 e 2017, o ano de 2015 foi o terceiro com maior quantidade de focos no período analisado, apresentando 3.925 focos. Moura et al. (2019) discute que no ano de 2015 a região Amazônica apresentou valores especialmente baixos de precipitação anual, este dado estaria relacionado com o fenômeno *El niño* de alta intensidade e que exerce grande influência na região diminuindo a precipitação, podendo ser este um fator que contribui para o elevado número de focos no município de São Félix do Xingu.

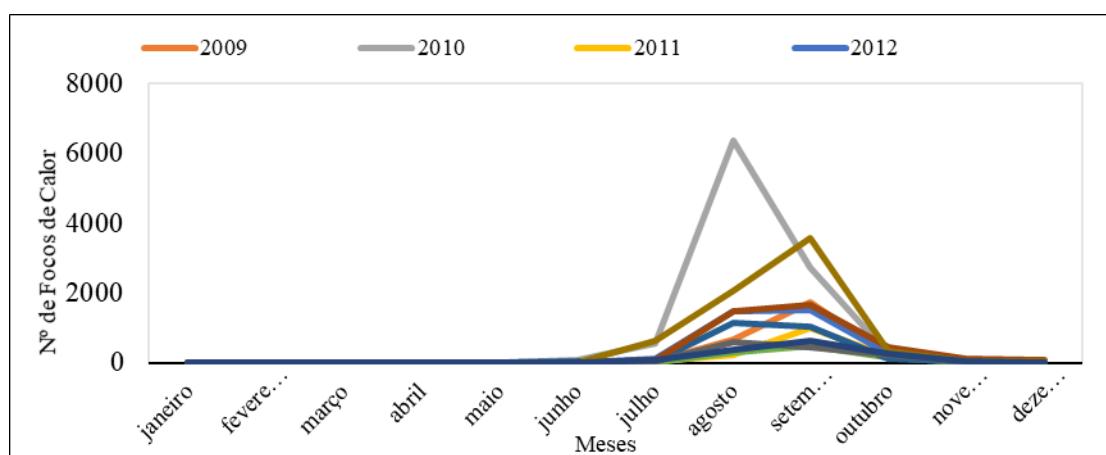
Em relação aos meses de maiores incidências de focos de calor no município de São Félix do Xingu, os meses de julho a outubro se destacaram, apresentando comportamento semelhante para todo o período estudado, época de estiagem, concentrando quase 90% dos focos, esquematizado na Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1. Número de focos de calor mensal em São Félix do Xingu de 2009 a 2018.

Período	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Janeiro	0	0	0	0	4	1	14	5	3	6
Fevereiro	0	6	0	1	0	1	0	8	0	0
Março	0	0	0	1	1	0	1	2	1	1
Abril	0	4	0	1	0	0	0	3	1	1
Maio	0	6	2	0	2	7	5	2	5	0
Junho	0	78	8	12	1	37	9	4	22	8
Julho	62	566	55	104	20	51	85	61	648	79
Período	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Agosto	675	6383	222	1491	287	1136	1490	592	2062	365
Setembro	1740	2715	999	1505	483	1037	1662	434	3577	643
Outubro	218	251	189	271	144	107	465	234	343	264
Novembro	59	40	24	84	2	63	114	57	57	42
Dezembro	3	3	4	6	9	5	80	5	31	7

Fonte: Autores, (2019).

Figura 3. Número de focos de calor mensal em São Félix do Xingu de 2009 a 2018.



Fonte: INPE, (2019).

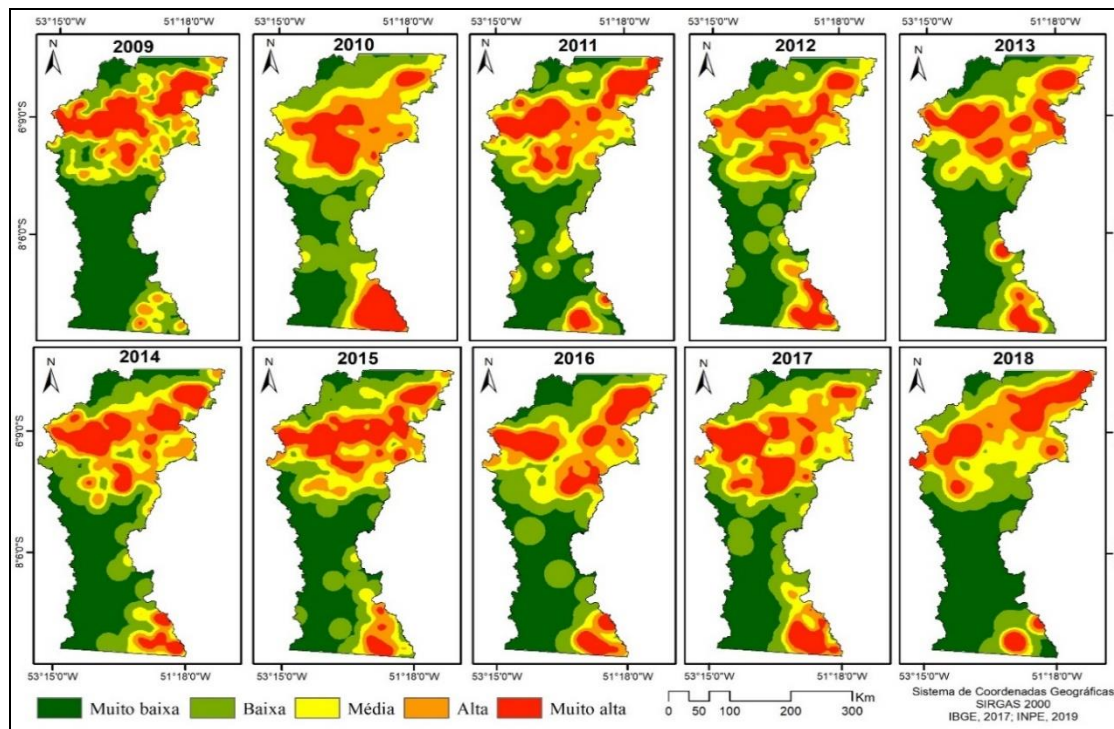
Quanto ao número de focos de calor mensais, nos estudos de Lopes et al. (2017), resultados parecidos foram encontrados no município de Novo Progresso - PA de 2010 a 2015 em relação a distribuição durante o ano. Os autores afirmam que existe uma relação entre os focos de calor e os fatores meteorológicos nos municípios do Pará, como, diminuição da precipitação, alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar, visto que nos meses ao qual se observam as maiores taxas de focos são os mesmos que apresentam os menores índices pluviométricos.

A mesma tendência foi observada por Vasconcelos et al. (2015) nos anos de 2004 e 2005, segundo os autores os meses de maiores incidências de focos de queimada no estado do Amazonas foram nos meses de julho a agosto, além de concluírem que em anos de seca severa as áreas suscetíveis ao fogo são substancialmente maiores que em anos de secas normais, assim como em 2010 deste estudo, no qual foi observado um aumento significativo das queimadas em comparação com os resultados obtidos nos outros anos.

Considerando os resultados de Barbosa (2010), Vasconcelos et al. (2015) e Machado Neto et al. (2017) para os estados de Roraima, Amazonas e Mato Grosso, respectivamente, pôde-se entender que a dinâmica dos fatores meteorológicos com os focos de calor ocorre não apenas no estado do Pará, mas em outros estados da Amazônia, onde também apresentam valores maiores de focos no período seco, considerados meses críticos para a ocorrência de queimadas além de mostrar uma estreita relação entre a área queimada anualmente e indicadores climáticos de seca local.

Quanto à densidade dos focos classificada em 5 classes, variando de muito baixa a muito alta, conforme a Figura 4, observou-se que a região ao norte e sudeste do município apresentou de média a muito alta densidade, quando comparada com as demais áreas.

Figura 4. Mapas da densidade focos de calor anual em São Félix do Xingu de 2009 a 2018.



Fonte: Autores, (2019).

Alencar et al. (2015) discutem sobre os fatores que podem estar relacionados com a alteração na quantidade de focos de calor nas áreas da Amazônia, e destacam a mudança nos padrões do uso da terra e nos tipos de manejo da área como as principais causas. Segundo Oliveira et al. (2007) e Freitas et al. (2013), dentre os diversos usos da terra, a agricultura de subsistência se destaca na Amazônia, o sistema de cultivo corte e queima prevalece, utilizando o fogo como ferramenta no preparo da área para cultivo.

Steinberger (2002) e Martinez et al. (2007) destacam o município de São Félix do Xingu como de alta incidência de queimadas e incêndios no estado do Pará. Para eles, a alta concentração pode estar relacionada com o desmatamento, pois o município pertence à área conhecida como “arco do desmatamento”, região onde grandes áreas já foram degradadas pela a indústria madeireira, agrícola e pecuária.

Estudos de Santos et al. (2011) e Torres et al. (2016) explicam que o ano de 2008 sofreu influência do fenômeno *La niña*, que geralmente tende a aumentar a precipitação na região amazônica, no entanto, observou-se se uma alta incidência de incêndios florestais, mostrando que o fator climático em ocasionalmente não será o responsável, o fator antrópico também poderá influenciar na variação da quantidade dos focos. Em 2008, por exemplo, foi

constatado por Carmo et al. (2010) um crescimento de 4% do desmatamento na Amazônia Legal, atividade que usualmente precede as queimadas.

Ainda segundo Bernardes e Freire Filho (2006) e Coelho et al. (2010), o desmatamento é consequência e potencializado pela expansão da fronteira agrícola, visto que desencadeia ainda todo um processo de expansão das redes urbana, viária e de energia, paralelamente, a execução de grandes projetos de mineração, siderurgia e de geração de energia por conta do potencial hidrelétrico da bacia Amazônica. Lopes et al. (2017) mostram que o município de Novo Progresso segue a tendência, concentrando alta e muito alta densidade de focos nos arredores da área urbana e da rodovia BR-163.

4. Considerações Finais

O estudo mostrou que a distribuição dos focos de calor no município de São Félix do Xingu de 2009 a 2018 apresenta-se de forma semelhante, as áreas com muito alta densidade de focos estão concentradas nas mesmas regiões do município, indicando assim um padrão dos locais com maior potencial de queimadas nesse município.

Conforme a literatura descreve, os principais fatores causadores das queimadas em São Félix do Xingu estão relacionados às atividades exercidas no município, onde o fogo ainda desempenha papel fundamental, exemplo das práticas agropecuárias. Outra explicação está ligada às condições climáticas, que inclui tanto os períodos de seca e estiagem como os fenômenos climáticos extremos (*El niño* e *La niña*), os quais apresentam grande influência no aumento ou diminuição da quantidade de focos em determinados períodos ou anos.

Além disso, o emprego de técnicas de geoprocessamento em associação com dados secundários mostrou-se como uma ferramenta eficaz na identificação e espacialização dos focos de calor, como por exemplo no município São Félix do Xingu, auxiliando nas análises para determinação de comportamentos e facilitando a visualização.

Sendo assim, embora os focos de calor não indiquem obrigatoriamente a ocorrência de queimadas, análises como esta auxiliam na criação e implementação de políticas de prevenção e controle de queimadas, e conseqüentemente na fiscalização e penalização dos responsáveis por tal dano ambiental.

Referências

- Alencar, A. A., Brando, P. M., Asner, G. P., & Putz, F. E. (2015). Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecological applications*, 25(6), 1493-1505.
- Alves, E. O. (2019). Desenvolvimento regional no sudeste do Pará: uma fronteira de expansão no centro norte do Brasil. *Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional*, Universidade Federal do Tocantins, Dissertação de Mestrado, 133p.
- Anderson, L. O., Aragão, L. E. O. C., Lima, A. D. & Shimabukuro, Y. E. (2005). Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS TERRA no Estado do Mato Grosso, Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, 35(4), 445-456.
- Aragão, L. E. O. C., Anderson, L. O., Lima, A., & Arai, E. (2016). Fires in Amazonia. In: Nagy, L., Forsberg, B.R. e Artaxo, P. (227). *Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin*. Berlin, Springer Berlin Heidelberg, 301-329.
- Araújo, J. B., Oliveira, L. C., Vasconcelos, S. S. & Correia, M. F. (2013). Danos Provocados Pelo Fogo Sobre A Vegetação Natural Em Uma Floresta Primária No Estado Do Acre, *Amazônia Brasileira*. *Ciência Florestal*, 23(2), 297-308.
- Barbosa, R. I. (2010). Distribuição espacial e temporal de focos de calor em Roraima detectados pelo Noaa-Avhr (1999-2009). In: Seminário De Atualização Em Sensoriamento Remoto E Sistemas De Informações Geográficas Aplicados À Engenharia Florestal, 9, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 363.
- Bernardes, J. A. & Freire Filho, O. L. (2006). Geografias da Soja: BR 163 - Fronteiras em Mutação. Rio de Janeiro, *Archimedes* Edições. 1, 175.
- Botelho, M. G. L., Furtado, L. G., Lima, D. A., Pimentel, B. S, Machado, A. S. O., Júnior, J. P. A., Costa, M. S. S. & Pontes, A. N. (2020). *Research, Society and Development*, 9(7), e589974501, 2020(CC BY 4.0)

Carmo, C. N., Hacon, S., Longo, K. M., Freitas, S., Ignotti, E., Leon, A. P. & Artaxo, P. (2010). Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica*, 27(1), 6-10.

CNM. (2010). Confederação Nacional dos Municípios. *Análise da portaria de situação de emergência e estado de calamidade pública de 2003 a 2010*. Brasília: CNM. Estudo Técnico.

Coelho, M. C. N., Miranda, E., Wanderlei, L. J. & Garcia, T. C. (2010). Questão energética na Amazônia: disputa em torno de um novo padrão de desenvolvimento econômico e social. *Novos Cadernos NAEA*, 13(2), 83-102.

FAO. (2001). Food and Agriculture Organization. *Global forest fire assessment 1990-2000*. Roma, Forestry Department.

Freitas, J. L., Santos, E. S., Lima E Silva, R. B. & Silva, T. L. (2013). Comparação e análise de sistemas de uso da terra de agricultores familiares na Amazônia. *Biota Amazônia*, 3(1), 100-108.

Gonçalves, K. S., Castro, H. A. & Hacon, S. S. (2012). As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. *Ciência e Saúde Coletiva*, 17(6), 1523-1532.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de acidentes ambientais em 2010. (2011). Recuperado de https://www.ibama.gov.br/phocadownload/relatorios/acidentes_ambientais/ibama-2010_relatorio_acidentes_ambientais.pdf.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e estados. (2018). Recuperado de < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>>.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. (2013). *Contribuições ao debate na aplicação do ICMS Verde no Estado do Pará*. Belém, IDESP, 27p.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. (2019). Recuperado de <<http://www.inpe.br/queimadas>>.

Lopes, A. C. L., Freitas, A. V. M., Costa, D. O., Beltrão, N. E. S., Tavares, P.A. (2017). Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(2), 298-303.

Machado Neto, A. P., Batista, A.C., Soares, R. V., Biondi, D. & Moraes, R. L. (2017). *Avaliação dos focos de calor e da fórmula de Monte Alegre no parque Nacional da Chapada dos Guimarães*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(92), 535-543.

Malhi, Y., Aragão, L. E. O. C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitch, S., Mcsweeney, C. & Meir, P. (2009). Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(49), 20610–20615.

Martinez, L. L., Fiedler, N. C. & Lucatelli, G. J. (2007). Análise das relações entre desflorestamentos e focos de calor: estudo de caso nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu no estado do Pará. *Revista Árvore*, 31(4), 695-702.

Mendoza, E. R. H. (2002). Susceptibilidade da floresta primária ao fogo em 1998 e 1999: estudo de caso no Acre, Amazônia Sul - Ocidental, Brasil. Rio Branco. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre. Dissertação de Mestrado.

Miranda, H. S., Sato, M. N., Nascimento-Neto, R. & Aires, F. S. (2009). Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. (M.A. Cochrane ed.). *Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics*, 427-450. Chichester, *Springer-Praxis*.

Miranda, J. B. (2002). Aplicações Do Monitoramento Por Satélite No Controle De Queimadas. In: IV Encontro Nacional Sobre Educação Ambiental Na Agricultura, 2002, Campinas-SP. *Anais...* Campinas-SP: EMBRAPA/CNPM, 26.

Moura, M. M., Santos, A. R., Pezzopane, J. E. M., Alexandre, R. S., Silva, S. F., Pimentel, S. M., Andrade, M. S. S., Silva, F. G. R., Branco, E. R. F., Moreira, T. R., Silva, R. G. & Carvalho, J. R. (2019). Relation of *El niño* and *La niña* phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. *Science of the Total Environment*, 651, 1639-1651.

Oliveira, J. S. R., Kato, O. R., Oliveira, T. F., Queiróz, J. & Cardoso, R. (2007). Agricultura familiar e SAFS: produção com conservação na Amazônia Oriental, nordeste paraense. In: Congresso Brasileiro De Sistemas De Produção, 7., Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical.

Pará. Detalhamento do Macrozoneamento Ecológico Econômico do Estado do Pará. (2006). Recuperado de http://www.sema.pa.gov.br/download/2-Detalhamento_MZEE_Estado_Par%C3%A1.pdf.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Atlas do Desenvolvimento Humano Brasil*. O Atlas. Metodologia. 2013. Recuperado de http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/.

Rosan, T. M., Anderson, L. O., Vedovato, L. (2017). Avaliação da origem de focos de calor em anos de extremos climáticos na Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69(4).

Santos, C. A. P. D., Souza, U. B. D. & Silva, W. L. (2011). Quantificação dos focos de calor na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 15. Curitiba. *Anais*. Curitiba, INPE, 7926-7933.

Santos, S. R. Q., Silva, R. B. C., Barreto, P. N., Nunes, H. G. G. C., Rodrigues, R. S. & Campos, T. L. O. B. (2011). Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de *El niño* e *La niña*, Caxiuanã-PA: estudo de caso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(3), 367-374.

Santos, Y. L. F., Souza, R. A. F., Souza, J. M., Andreoli, R. V., Kayano, M. T., Ribeiro, I. O. & Guimarães, P. C. (2017). Variabilidade Espaço-Temporal do Monóxido de Carbono Sobre a América do Sul a Partir de Dados de Satélite de 2003 A 2012. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32(1), 89-98.

Shimabukuro, Y. E., Miettinen, J., Beuchle, R., Grecchi, R. C., Simonetti, D., Achard, F. (2015). Estimating burned area in Mato Grosso, Brazil, using an object-based classification method on a systematic sample of medium resolution satellite images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 8(9), 4502-4508.

Silva, T. B., Rocha, W. J. S. F., Angelo, M. F. (2013). Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 16, Curitiba. *Anais...* Curitiba, INPE, 6969-6976.

Souza, A. L. (2017). Focos de calor e internações por doenças do aparelho respiratório no estado de Mato Grosso e no município de Sinop no triênio de 2013 a 2015. Graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Mato Grosso. *Trabalho de Conclusão de Curso*.

Steinberger, M. (2002). Poluição urbana do ar por queimadas na Amazônia brasileira. In: encontro da associação brasileira de estudos populacionais, 8, Ouro Preto. *Anais*. Ouro Preto.

Torres, F. T. P., Lima, G. S., Costa, A. G., Félix, G. A., Silva Júnior, M. R. (2016). Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. *Floresta*, 46(4), 531-542.

Vasconcelos, S. S., Fearnside, P. M., Graça, P. M. L. A., Nogueira, E. M., Oliveira, L. C. Figueiredo, E. O. (2013). Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: estimates of area and potential carbon emissions. *Forest Ecology and Management*. 291, 199-208.

Vasconcelos, S. S., Fearnside, P. M., Graça, P. M. L. A., Silva, P. R. T. & Dias, D. V. (2015). Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 30(2), 134-144.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Mayara Gomes da Silva – 50%

Gabriele do Nascimento Furtado – 50%