



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOGRAFIA - PROP GEO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO CEARÁ - UECE**

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 -
Campus do Itaperi, Fortaleza/CE

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL
DOS FOCOS DE CALOR NO
MUNICÍPIO DE PIRACURUCA-
PIAUÍ, NOS ANOS DE 2010 A
2017**

**Francílio de Amorim dos
Santos**

Citação: SANTOS, F. A.
ANÁLISE ESPAÇO-
TEMPORAL DOS FOCOS DE
CALOR NO MUNICÍPIO DE
PIRACURUCA-PIAUÍ, NOS
ANOS DE 2010 A 2017.
Revista GeoUECE (Online), v.
08, n. 14, p. 225-xx, jan./jun.
2019. ISSN 2317-028X.



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE PIRACURUCA-PIAUÍ, NOS ANOS DE 2010 A 2017

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF HEAT SOURCES IN THE MUNICIPALITY OF PIRACURUCA-PIAUÍ, IN THE YEARS OF 2010 TO 2017

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LOS FOCOS DE CALOR EN EL MUNICIPIO DE PIRACURUCA-PIAUÍ, EN LOS AÑOS DE 2010 A 2017

Francílio de Amorim dos SANTOS¹

¹ E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

RESUMO

O objetivo do estudo foi realizar análise espaço-temporal dos focos de calor ocorridos no município de Piracuruca (PI), no período de 2010 a 2017. Foram adquiridos dados alfanuméricos e vetoriais dos focos de calor detectados entre 2000 e 2017 pelo satélite AQUA_M_T, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que foram espacializados no SIG QGIS a partir do estimador de densidade Kernel. Os dados apontam um padrão de distribuição concentrado, particularmente entre os meses de julho a janeiro, considerado período seco para o referido município. Os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 foram aqueles que apresentaram maior incidência de focos de calor, cuja causa deve-se, possivelmente, aos fenômenos El niño ocorridos de 2014 a 2016, de intensidade fraca a forte. Diga-se, ainda, que ao longo dos 8 (oito) anos analisados foram detectados 665 focos de calor distribuídos em todos os meses, exceto o mês de fevereiro. Por sua vez, o mapa de densidade total de focos de calor indica a formação de um arco com maior incidência de focos de calor com início próximo a sede municipal, dirigindo-se para o setor noroeste, seguindo para o norte e noroeste.

Palavras-chave: Vegetação. Queimadas. Estatística Descritiva. Densidade de Kernel.

ABSTRACT

The objective of the study was to perform a space-time analysis of the heat sources in the municipality of Piracuruca (PI) from 2010 to 2017. Alphanumeric and vector data were obtained from the heat sources detected between 2000 and 2017 by the AQUA_M_T satellite, by the National Institute of Space Research (INPE), which were spatialized in the QGIS GIS from the Kernel density estimator. The data indicate a concentrated distribution pattern, particularly between the months of July and January, considered dry period for the mentioned municipality. The years 2014, 2015, 2016 and 2017 were those with the highest incidence of hot spots, possibly due to El Niño phenomena that occurred between 2014 and 2016, from weak to strong intensity. It is also said that during the analyzed 8 (eight) years, 665 foci of heat were detected distributed in every month, except the month of February. On the other hand, the map of total density of heat sources indicates the formation of



an arc with a higher incidence of hot spots starting near the municipal seat, heading for the northwest sector, going north and northwest.

Keywords: Vegetation. Burned. Descriptive statistics. Kernel Density.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar análisis espacio-temporal de los focos de calor ocurridos en el municipio de Piracuruca (PI), en el período de 2010 a 2017. Se adquirieron datos alfanuméricos y vectoriales de los focos de calor detectados entre 2000 y 2017 por el satélite AQUA_M_T, disponibles por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), que fueron espacializados en el SIG QGIS a partir del estimador de densidad Kernel. Los datos apuntan a un patrón de distribución concentrado, particularmente entre los meses de julio a enero, considerado período seco para el referido municipio. Los años de 2014, 2015, 2016 y 2017 fueron aquellos que presentaron mayor incidencia de focos de calor, cuya causa se debe, posiblemente, a los fenómenos El Niño ocurridos de 2014 a 2016, de intensidad débil a fuerte. Se dice, además, que a lo largo de los 8 (ocho) años analizados fueron detectados 665 focos de calor distribuidos en todos los meses, excepto el mes de febrero. Por su parte, el mapa de densidad total de focos de calor indica la formación de un arco con mayor incidencia de focos de calor con inicio próximo a la sede municipal, dirigiéndose hacia el sector noroeste, siguiendo hacia el norte y noroeste.

Palabras clave: Vegetación. Incendios. Estadística Descriptiva. Densidad del núcleo.

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, cabe salientar que dentre todos os atributos ambientais, a vegetação constitui um dos mais dinâmicos. Seus aspecto e fisionomia estão diretamente associados a fatores climáticos e pedológicos. Ressalta-se que a cobertura vegetal ajuda na manutenção da estabilidade do ambiente, particularmente, por funcionar como atenuante no que concerne à erosão pluvial, interceptação das precipitações por meio das folhas, amortecimento da velocidade das gotas e redução da velocidade do vento, conforme assevera Tricart (1977).

Nesse cenário, pode-se notar a importância da cobertura vegetal para a manutenção do balanço morfogênico. Nesse contexto, cabe inserir o semiárido brasileiro que exhibe cobertura vegetal adaptada às condições ambientais, notadamente de estresse hídrico. Desse modo, fala-se em distintas fisionomias de caatinga, geralmente, suplantada por solos rasos e jovens associados a um regime pluviométrico mal distribuído, altas temperaturas e déficit hídrico.



Nessa região, constitui prática cultural as populações promoverem a retirada da vegetação, particularmente para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e silvicultura, conforme assevera Oliveira *et al.* (2016). Desse modo, uma das técnicas mais antigas para limpeza do terreno pós-colheita refere-se ao uso de queimadas. Ressalta-se que, principalmente no segundo semestre do ano, a vegetação do semiárido apresenta-se mais suscetível à ocorrência de incêndios, notadamente por constituir-se o período mais seco.

Nessa perspectiva, cabe delinear o conceito de risco de fogo (RF) que correlaciona a maior quantidade de dias seguidos sem chuva em um local ao aumento do risco de queima da sua vegetação (SETZER *et al.*, 2017). Desse modo, cabe destacar que a partir do mês de agosto há uma considerável queda do volume pluviométrico na região semiárida, fato este que acentua a predisposição da vegetação à ocorrência de incêndios.

Desse modo, a disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas no que diz respeito à localização e o tamanho das afetadas por incêndios permite avaliar as perdas econômicas e os efeitos ecológicos, promover o monitoramento das mudanças no uso e cobertura da terra, elaborar modelos atmosféricos e de impactos de natureza climática devido à queima de biomassa (SILVA *et al.*, 2013).

Nessa ótica, o emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto são fundamentais para estudos dos fenômenos que ocorrem no espaço geográfico, pois possibilitam o desenvolvimento de estratégias para o ordenamento territorial, análise e monitoramento com cunho ambiental (AQUINO; VALLADARES, 2013). As imagens adquiridas via sensoriamento remoto possibilitam de ter uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre, logo, permitem a realização de estudos regionais e integrados (FLORENZANO, 2005).

Como forma de operacionalizar o estudo, inicialmente, procedeu-se a aquisição de dados alfanuméricos e vetoriais dos focos de calor detectados entre 2000 e 2017 pelo satélite AQUA_M_T. Os dados foram obtidos via Banco de Dados de Queimadas (BDQ), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018a), considerando a série temporal de 2010 a 2017, tendo como recorte espacial o município de Piracuruca, setor norte do estado do Piauí. Os dados foram manuseados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS, empregado para



espacialização dos dados alfanuméricos, considerando o estimador de densidade Kernel.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de realização de estudos voltados ao conhecimento estatístico e espaço-temporal dos focos de calor, como forma de gerar subsídios a mitigação desse problema ambiental. Desse modo, a pesquisa ora apresentada teve como objetivo realizar análise espaço-temporal dos focos de calor ocorridos no município de Piracuruca (PI), no período de 2010 a 2017.

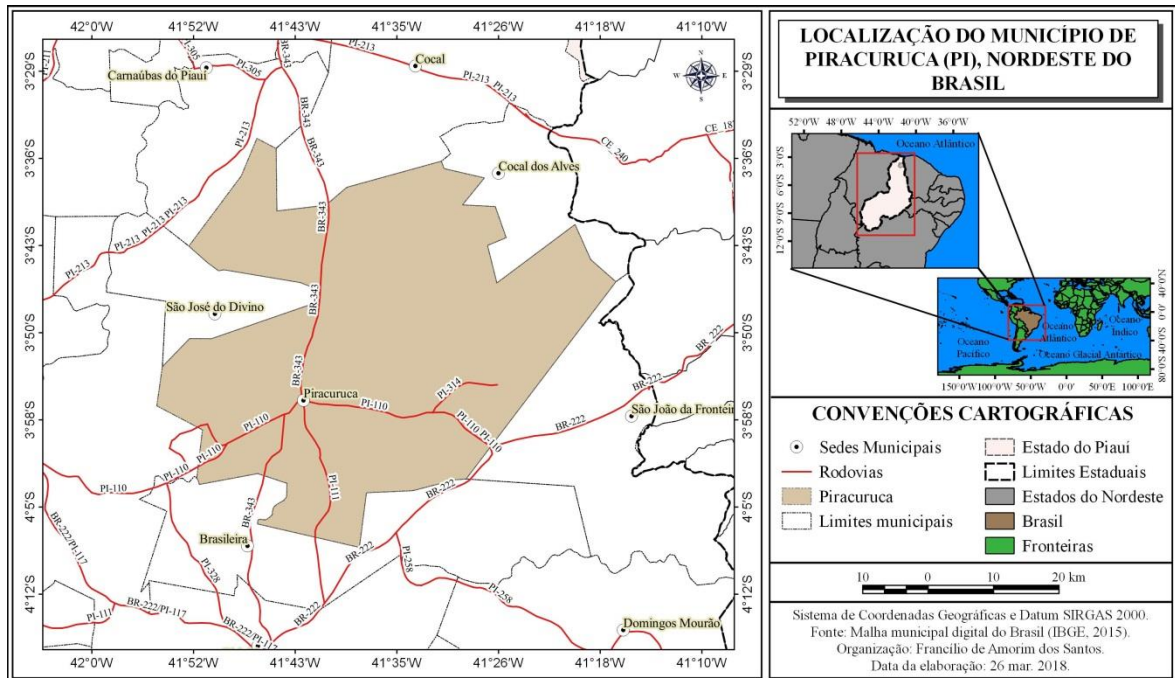
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área em estudo

O estudo tomou como recorte espacial o município de Piracuruca, localizado no setor Norte do estado do Piauí, na Macrorregião do Meio-Norte e Território do Desenvolvimento dos Cocais. O referido município os seguintes limites: ao norte limita-se com Cocal e Caraúbas do Piauí; ao sul com Brasileira, Batalha e São João da Fronteira; a oeste com Batalha, São José do Divino e Caraúbas do Piauí; e a leste com Cocal dos Alves e São João da Fronteira (Figura 01). Ressalta-se que a sede desse município está localizada às Coordenadas Geográficas 03°55'41"S e 41°42'33"O e dista cerca de 196 km de Teresina, capital do estado do Piauí (AGUIAR; GOMES, 2004; IBGE, 2017).

Cabe, ainda, citar que Piracuruca foi desmembrada do município de Parnaíba e, por conseguinte, elevada à categoria de cidade via Decreto nº 01, de 28 de dezembro de 1889. A área, objeto em estudo, possui 2.369,5 km² e uma população, estimada para o ano de 2016, em 28.242 habitantes, portanto, densidade demográfica de 11,9 hab./km² (IBGE, 2017).

Figura 01 - Localização do município de Piracuruca, setor norte do estado do Piauí.



Fonte: IBGE (2015).

2.2 Procedimentos metodológicos

Ressalta-se que na presente pesquisa empregou-se metodologia qualitativa, tendo em vista foi realizada quantificação (estatística descritiva) na coleta de dados e, posterior espacialização, análise e interpretação. Desse modo, para operacionalização do estudo, a priori, foram adquiridos de dados alfanuméricos e vetoriais dos focos de calor, detectados para o período de 2000 a 2017, pelo satélite AQUA_M_T.

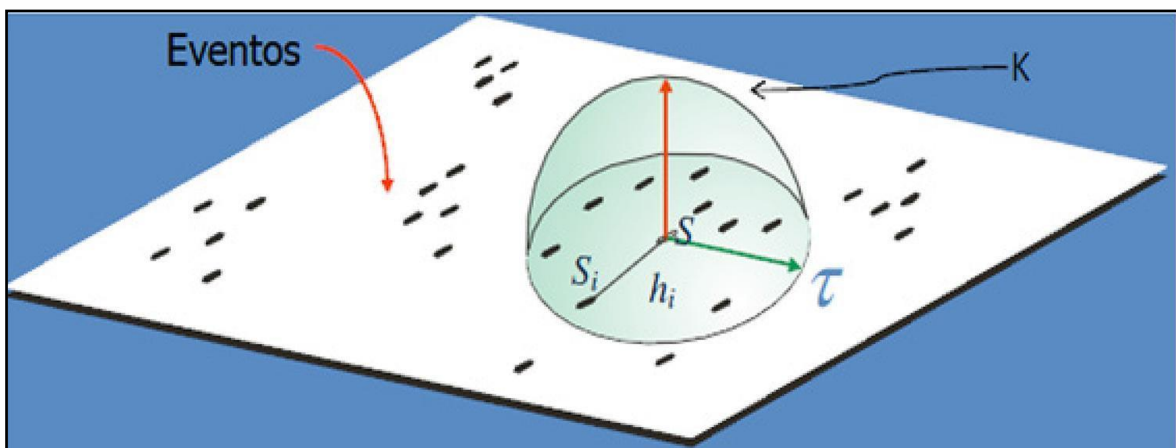
Os dados, supracitados, foram obtidos por meio do Banco de Dados de Queimadas (BDQ), disponibilizados no site <https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas/#>, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017a), tendo como recorte espacial o município de Piracuruca, que está localizado no setor norte do estado do Piauí.

Destaca-se que os satélites de órbita polar (NOAAs a 800 km de distância, e TERRA e AQUA a 730 km) sugerem que uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior, será detectada. Desse modo, devido à resolução espacial do satélite ser 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de algumas dezenas de m² será detectada como tendo ao menos 1 km² (INPE, 2017b).



Para análise dos pontos (focos de calor) empregou-se um estimador de intensidade pontual, no presente estudo o estimador de intensidade Kernel. De acordo com Câmara e Carvalho (2002), o referido estimador possui os seguintes parâmetros básicos: um raio de influência ($\tau \geq 0$) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado e controla o “alisamento” da superfície gerada; uma função de estimação que apresenta propriedades de suavização do fenômeno (Figura 02). Ressalta-se que esses procedimentos foram efetuados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS e o raio escolhido para a representação da densidade considerou o valor de 2000 unidades de mapa, ou seja, 2000 m.

Figura 02 - Estimador de intensidade para um padrão de pontos.



Fonte: Câmara e Carvalho (2011, apud SILVA *et al.*, 2015).

A partir do emprego do SIG QGIS associado ao estimador de densidade Kernel no que concerne aos dados de focos de calor possibilitou elaborar os mapas de densidade e estabelecer as seguintes categorias de densidade, conforme propostas de Amaral *et al.* (2017): 1- Nenhuma (Branco), 2- Mínima (Azul), 3- Baixa (Verde), 4- Média (Amarelo), 5- Alta (Laranja), 6- Crítica (Vermelho).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do satélite AQUA_M_T, para os anos de 2000 a 2017, indicam que anualmente o município de Piracuruca apresenta focos de calor. Desse modo, a Figura 03 apresentada a distribuição mensal dos focos de calor, ao longo da série histórica analisada. Nesse sentido, pode-se perceber um padrão de distribuição



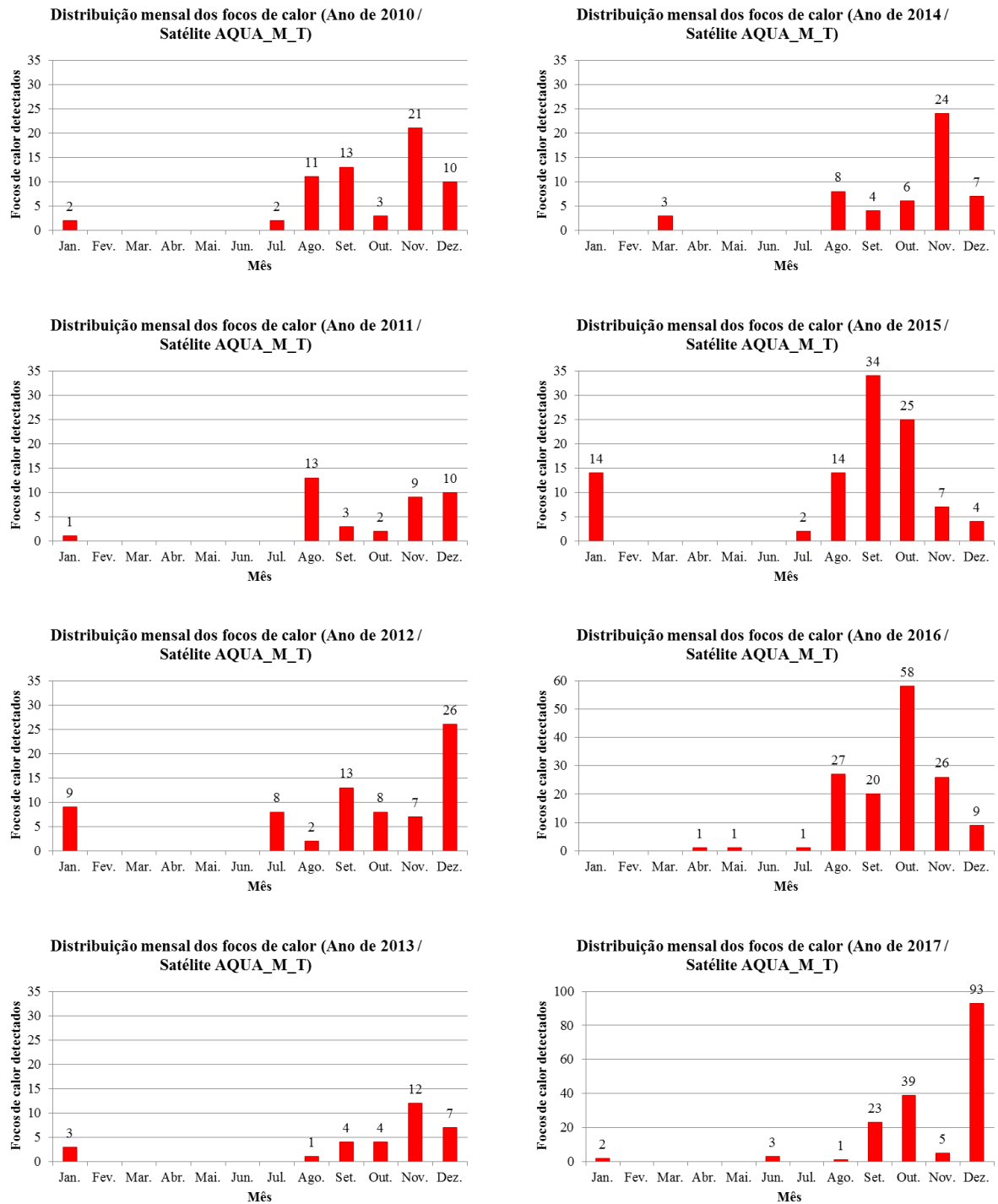
concentrado, principalmente de julho a janeiro. Deve-se destacar que esse é o período considerado seco para o referido município, fato este que explica a concentração dos focos de calor. Posto que a vegetação seca, notadamente galhos e folhas, constitui combustível natural e inflamável para aumento da suscetibilidade a incêndios, visto que a umidade fica bem reduzida.

A partir da figura, supracitada, pode-se afirmar que foram detectados os seguintes focos de calor por ano: 62 em 2010; 38 em 2011; 73 em 2012; 31 em 2013; 52 em 2014; 100 em 2015; 143 em 2016; 166 em 2017. Nota-se, desse modo, um relevante aumento dos focos de calor a partir do ano de 2014 a 2017. Esse fato pode ser explicado pela significativa redução dos totais pluviométricos no setor norte do Nordeste, particularmente no município de Piracuruca. Essa redução dos totais de precipitação constitui efeito da dinâmica climática natural, particularmente ligada aos fenômenos *El niño* que ocorreram de 2014 para 2016 de intensidade fraca a forte (NOAA, 2018).

A Figura 04 apresenta a distribuição mensal total dos focos de calor para o município de Piracuruca. Desse modo, percebe-se que ao longo dos 8 (oito) anos analisados foram detectados 665 focos de calor distribuídos em todos os meses, exceto o mês de fevereiro não apresentou nenhum foco de calor detectado, no referido município. Observa-se uma maior concentração desses focos entre os meses de agosto a dezembro, período com baixos ou ausentes totais pluviométricos, que juntos respondem por 92,2% (613) dos focos de calor ocorridos no município estudado.

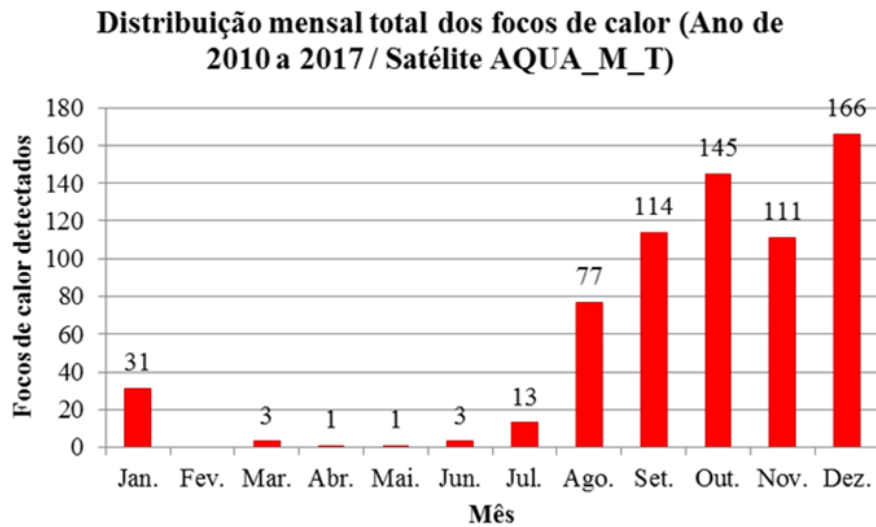


Figura 03 - Gráficos da distribuição mensal dos focos de calor detectados pelos sensores do satélite AQUA_M_T, para os anos de 2010 a 2017.



Fonte: INPE (2018a).

Figura 04 - Gráfico da distribuição mensal total dos focos de calor detectados pelos sensores do satélite AQUA_M_T, para os anos de 2010 a 2017.



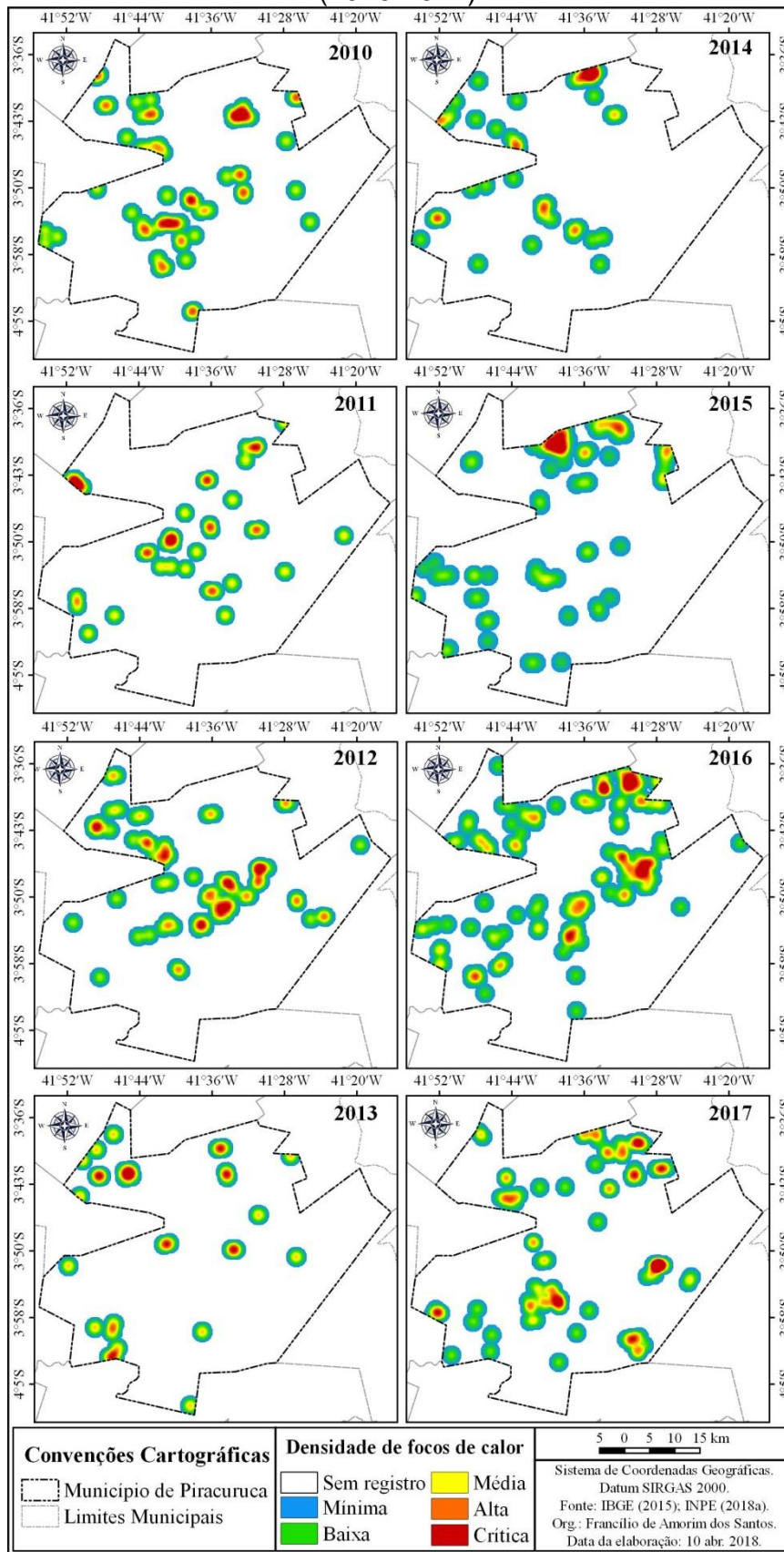
Fonte: INPE (2018a).

Os mapas de densidade de focos de calor (Figura 05) permitem analisar o comportamento espacial destes fenômenos na área estudada, ao longo de 8 (oito) anos (2010 a 2017). As figuras permitem observar que os focos de calor distribuem-se por todo o município, principalmente setor de norte a sul e, também, no setor noroeste. Por outro lado, ressalta-se que nos anos de 2010 e 2017 ocorreu grande incidência de focos de calor próximos a sede do município estudado, enquanto os anos de 2016 e 2017 apresentaram a maior incidência de focos de calor na área estudada.

O mapa de distribuição de focos totais de calor apresentado na Figura 06 exibe o resultado da interpolação dos focos de calor, para o período de 2010 a 2017, no município de Piracuruca. Nessa figura pode-se perceber um padrão de distribuição com maior incidência de focos de calor, manchas laranja (densidade alta) e vermelha (densidade crítica), formando um arco que se inicia próximo a sede municipal, dirige-se para o setor noroeste e segue em direção norte e noroeste.



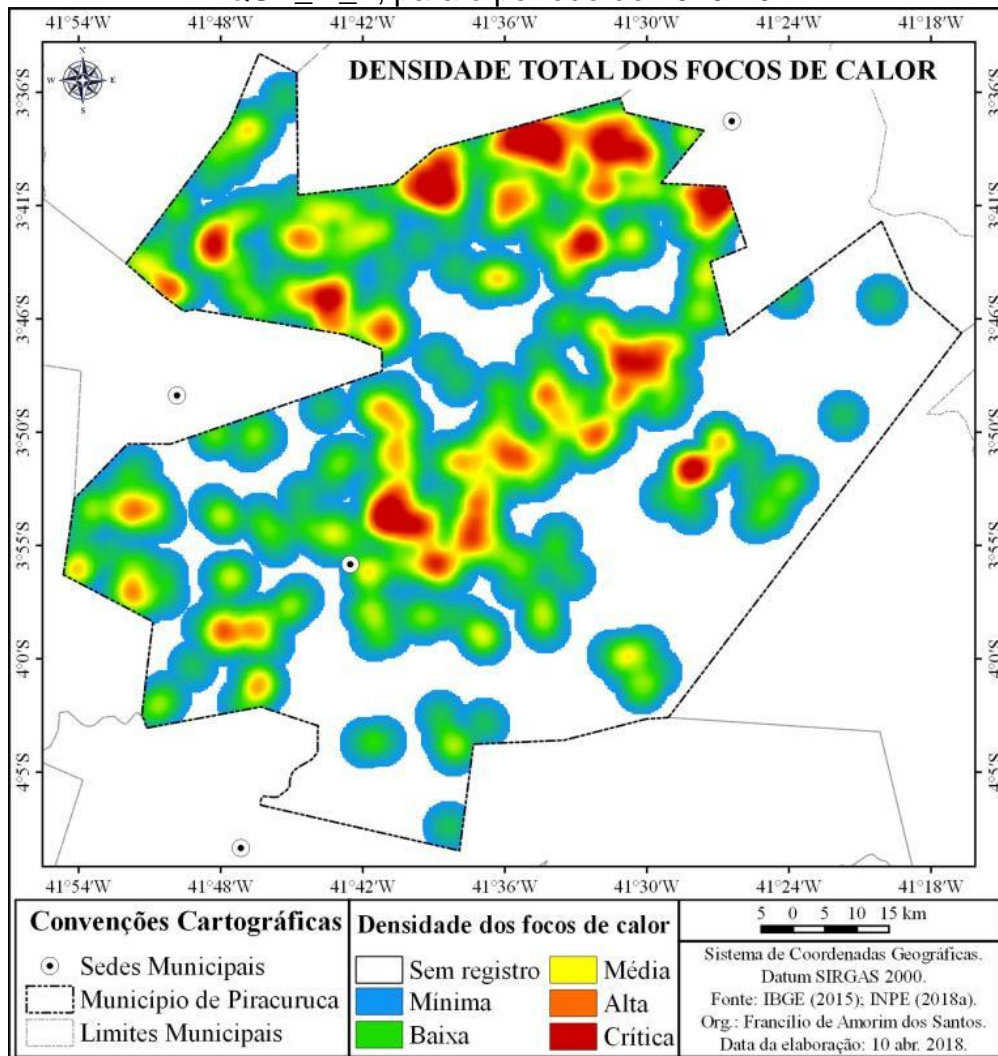
Figura 05 - Densidade de focos de calor detectados pelo satélite AQUA_M_T (2010-2017).



Fonte: IBGE (2015); INPE (2018a).



Figura 06 - Densidade total dos focos de calor detectados pelo satélite AQUA_M_T, para o período de 2010-2017.



Fonte: IBGE (2015); INPE (2018a).

Ressalta-se a importância do estudo e emprego da técnica de densidade de Kernel, que possibilitou a espacialização dos focos de calor, ao longo do período analisado (2010 e 2017). Nota-se, ainda, uma grande incidência de focos de calor no município de Piracuruca. Fato este que pode ser resultado do longo período de estiagem enfrentado desde o ano de 2010. Relevante, também, destacar que a área com maior incidência total de focos na série analisada diz respeito ao setor oeste do município e, como tal, demanda maior atenção por parte dos gestores e comunidade em geral, para minimização atenuação dos focos de calor detectados.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, cabe destacar que o estudo atingiu o objetivo traçado, posto ter sido possível realizar a análise espaço-temporal dos focos de calor considerando o município de Piracuruca (PI). Tal fato foi de suma importância, pois permitiu identificar que ocorreram inúmeros focos de calor, ao longo dos 8 (oito) anos analisados (2010 a 2017), especificamente 665 focos de calor detectados. Esses se distribuem ao longo de todos os meses do ano, com exceção do mês de fevereiro, tendo os meses de agosto a dezembro o período de maior incidência, sendo responsável por 92,2% (613) dos focos de calor ocorridos na área estudada.

Por sua vez, salienta-se a grande relevância do emprego do estimador de densidade *Kernel* para análise do comportamento espacial dos focos de calor. Contudo, é mister destacar que os dados de focos de calor apenas indicam áreas onde ocorreram queimadas, logo, não possibilitam a identificação do tamanho da área queimada. Nesse sentido, estudos posteriores devem ser desenvolvidos com foco na busca por compreender o processo evolutivo e comportamental dos incêndios no município estudado.

Em suma, destaca-se a importância dos dados apresentados no presente estudo, que devem constituir ponto de partida para criação de estratégias de planejamento e gestão das áreas cujos focos de calor foram detectados. Desse modo, ressalta-se a importância em relação à possibilidade de sobreposição do mapa de calor com outros mapas temáticos, particularmente aqueles relacionados ao relevo, aspectos climáticos, uso e cobertura vegetal, entre outros, como forma de subsidiar análises mais completas e mitigação dos efeitos desse fenômeno que perpassa o espaço geográfico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Piracuruca. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2004.

AMARAL, A.S.; ROCHA, L.S.; ALMEIDA, A.D.L. Análise espacial dos focos de queimadas no estado da Bahia através do estimador de intensidade Kernel. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Salvador - BA. **Anais...** Salvador: 2017, p.450-453.



- AQUINO, C.M.S.; VALLADARES, G.S. Geografia, Geotecnologias e Planejamento Ambiental. **Geografia (Londrina)**, v.22, n.1, p.117-138, jan/abr, 2013.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S. **Análise espacial de eventos**. INPE, São José dos Campos. 2002.
- FLORENZANO, T.G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, p.24-29. 2005.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados. **Cidades** - 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- _____. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2015**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de Dados de Queimadas. **Série temporal de 2010 a 2017**. Disponível em: <<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas/>>. Acesso em: 25 mar. 2018a.
- _____. **Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do INPE: Perguntas frequentes**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 09 abr. 2018b.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Prediction Center. **Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present)**. Disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- OLIVEIRA, U.C.; OLIVEIRA, P.S.; PINHEIRO, C.J.V. Análise da concentração de focos de calor na Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada do Araripe nos anos de 2010 a 2015. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, VII, Campina Grande - PB. **Anais...** Campina Grande: 2016, p.1-7.
- SETZER, A.W.; SISMANOGLU, R.A.; MARTINS, G. **Metodologia do cálculo do risco de fogo do Programa Queimadas do INPE - Versão 10, junho/2016**. INPE, São José dos Campos. 2017.
- SILVA, A.M.; SILVA, R.M.; ALMEIDA, C.A.P.; CHAVES, J.F.S. Modelagem geoestatística dos casos de dengue e da variação termoplúviométrica em João Pessoa, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.27, n.1, p.157-169, jan/abr/2015.
- SILVA, T.B.; ROCHA, W.J.S.F.; ANGELO, M.F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVI, Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** Iguaçu: 2013, p.6969-6976.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.