

**APLICAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO AMBIENTAL: ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE CRATO, ESTADO DO CEARÁ**  
*APPLICATION OF GEOPROCESSING IN ENVIRONMENTAL MONITORING: ANALYSIS OF HEAT SPOTS IN THE MUNICIPALITY OF CRATO, STATE OF CEARÁ*

Eliezio Nascimento Barboza<sup>1</sup>, Carlos Chagas Brasil Alves<sup>2</sup>, Edilania Soares da Silva<sup>3</sup>, Leonardo de Sousa Alves<sup>4</sup>, Cícera Gomes Bezerra<sup>5</sup>, Paulo Gomes Bezerra<sup>6</sup>, Hellen Rhianny Soares de Oliveira<sup>7</sup>, Romário Estrela Pereira<sup>8</sup> e Ana Maria Ribeiro de Aragão<sup>9</sup>

**ARTIGO**

Recebido: 15/01/2022  
 Aprovado: 20/03/2022

*Palavras-chave:*

ocorrência de fogo, sensoriamento remoto, análise espacial, análise temporal.

*Key words:*

fire occurrence, remote sensing, spatial analysis, temporal analysis.

**RESUMO**

A prática do fogo é um fator de perturbação dos ecossistemas, sendo caracterizado como um fenômeno natural ou uma ferramenta de manejo de recursos naturais. Diversos incêndios têm causas naturais e podem ser benéficos ecologicamente em alguns biomas específicos, porém na maior parte do mundo, os incêndios estão ligados à ação antrópica. Destaca-se o estudo de focos de calor como uma forma de monitoramento ambiental, sendo definido como um registro detectado por sensores orbitais dos satélites de monitoramento de queimadas na superfície terrestre, no qual são detectados qualquer temperatura registrada acima de 47 °C. Para o monitoramento desses focos de calor, destaca-se a utilização de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, no qual são ferramentas úteis para obter as informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva avaliar os focos de calor no Crato para os anos de 2011, 2015 e 2019 a partir de uma análise temporal e espacial, no qual foi utilizado dados geoespaciais pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e os dados de focos de calor extraídos do Banco de Dados de Queimadas, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O total de ocorrência de focos no período compreendido nos anos de 2011, 2015 e 2019 foi de 22.49. Entre os anos de 2011, 2015 e 2019, o município apresentou um aumento na taxa de ocorrência de focos de calor de 24.25%.

**ABSTRACT**

The practice of fire is a factor of disturbance of ecosystems, being characterized as a natural phenomenon or a tool for natural resource management. Several fires have natural causes and can be ecologically beneficial in some specific biomes, but in most of the world, fires are linked to human action. The study of hotspots as a form of environmental monitoring stands out, being defined as a record detected by orbital sensors from burning monitoring satellites on the earth's surface, in which any temperature recorded above 47 °C is detected. For the monitoring of these hotspots, the use of Geoprocessing and Remote Sensing techniques is highlighted, which are useful tools to obtain detailed and updated information about the location and extent of burned areas. In this context, the present work aims to evaluate the hot spots in Crato for the years 2011, 2015 and 2019 from a temporal and spatial analysis, in which geospatial data was used by the Brazilian Institute of Geography and Statistics and the data of hot spots extracted from the Burn Database, made available by the National Institute for Space Research. The total occurrence of hotspots in the period between the years 2011, 2015 and 2019 was 22.49. Between the years 2011, 2015 and 2019, the municipality showed an increase in the rate of occurrence of hotspots of 24.25%.

<sup>1</sup>Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária. E-mail: eliezio1999@outlook.com;

<sup>2</sup>Graduado em Engenharia Civil. E-mail: carloschagas93@gmail.com;

<sup>3</sup>Graduada em Direito. E-mail: edilania.soares@estudante.ufcg.edu.br;

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo e M. Sc. E-mail: leo\_agro22@hotmail.com;

<sup>5</sup>Graduada em Direito e a Prefeitura Municipal de Jucás. E-mail: cicinhajucas@hotmail.com;

<sup>6</sup>Licenciado em geografia. E-mail: paluapanso@gmail.com;

<sup>7</sup>Graduada em Farmácia. E-mail: hellenrhianny@hotmail.com;

<sup>8</sup>Graduado em Direito. E-mail: romarioestrelapereira@gmail.com;

<sup>9</sup>Graduada em Direito, E-mail: anaribeiroadv7@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A prática do fogo é um fator de perturbação dos ecossistemas, sendo caracterizado como um fenômeno natural ou uma ferramenta de manejo dos recursos naturais (MIRANDA; SAITO; DIAS, 1996), possuindo elevado potencial em provocar empobrecimento dos solos, destruição de vegetação, erosão, poluição atmosférica e redução na biodiversidade (PIROMAL et al., 2008), além da modificação do clima local e conseqüentemente agravando as problemáticas de doenças respiratórias (SOUZA et al., 2012).

As queimadas e incêndios florestais colaboram para o aumento emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), levando a um círculo vicioso, visto que a emissão deste composto químico intensifica o efeito estufa, propiciando condições ambientais ainda mais favoráveis às próprias queimadas e incêndios (ARAUJO et al., 2013). Esse tipo de prática é uma atividade secular no Brasil, especialmente na região Nordeste e Norte do país (CAÚLA et al., 2017), podendo ser de origem natural, acidental ou criminosa (FERNANDES et al., 2012).

Focos de calor são registros detectado por sensores orbitais dos satélites de monitoramento de queimadas na superfície terrestre, no qual são detectados qualquer temperatura registrada acima de 47°C, não sendo necessariamente um foco de fogo ou incêndio. A incidência de focos de calor é mais elevada no período seco, onde são combinados baixos valores de umidade relativa do ar, altas temperaturas e período prolongado de estiagem, sendo encontrados especialmente no semiárido nordestino, onde as variáveis climáticas possui esse comportamento no período de agosto a dezembro (BARBOZA et al., 2020).

Segundo Lopes et al. (2017), existem diversas formas de detectar incêndios, como

vigilância terrestre, posto de observação ou patrulhamento aéreo ou por monitoramento de imagens de satélites. Entretanto, para um país com grande extensão territorial como o Brasil, o monitoramento por sensoriamento é mais rápido, prático e possui menor custo, sendo fundamental para viabilizar o controle dos focos (BATISTA, 2004).

Pela necessidade de interferência na redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos causados por incêndios, aumentando a rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais, como também a viabilização de um combate estratégico em consonância com conhecimento da localização exata do incêndio sua extensão, surge a necessidade de utilizar as geotecnologias para sua detecção (BOTELHO et al., 2020).

Destaca-se o Sensoriamento Remoto (SR), uma ferramenta útil para obter as informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas (PIROMAL et al., 2008). Estudos sobre incidência de focos de calor com utilização do geoprocessamento procedem em diversas aplicações, que garantem a identificação dos focos de calor por meio do uso de algoritmos aplicados em ambiente SIG, contribuindo para sua análise temporal e distribuição em uma determinada área de interesse. Pelas características dos focos de calor estarem mais presentes no período seco, torna-se viável a utilização do sensoriamento remoto na sua detecção, tendo em vista que nesse período há pouca cobertura de nuvens, disponibilizando maior quantidade de imagens de satélite (LAZZARINI et al., 2012).

Com finalidade de compreender os padrões de queimadas no município de Crato – CE, tendo em vista o aumento do desmatamento e mudança do uso

e ocupação do solo nas últimas décadas (MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2009) e as consequências negativas do fogo no ecossistema e para população local, o presente trabalho objetiva avaliar os focos de calor na área de estudo para os anos de 2011, 2015 e 2019 com utilização de

## METODOLOGIA

O presente trabalho é caracterizado do ponto de vista de sua natureza como uma pesquisa básica. Pela perspectiva de abordagem, é uma pesquisa quantitativa. Analisando os objetivos, essa pesquisa é exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos é do tipo estudo de caso. O estudo de caso foi realizado no município de Crato – CE, que está situado na Região Metropolitana do Cariri – RMC. A área de interesse nesse estudo localiza-se geograficamente nas coordenadas 07° 14'03" S de Latitude e 39° 24'34" W de Longitude e ocupa uma área de 1.117,5 Km<sup>2</sup> (SAMPAIO et al., 2019).

Para a realização dessa pesquisa foi utilizado metodologia de Botelho et al. (2020), no qual foi utilizado dados de focos de calor extraídos do Banco de Dados de Queimadas (BDQUIMADAS), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para o processamento de dados de focos de calor foi utilizado o *software* Qgis.

Foi analisado a distribuição dos focos de calor correspondentes aos anos de 2011, 2015 e 2019. Os dados disponibilizados pelo INPE foram obtidos por meio dos focos diário dos satélites Terra, Aqua, GOES-13, GOES-16, MSG-03, METOP-B,

técnicas de geoprocessamento a partir de uma análise temporal e espacial. O município de interesse nesse trabalho se justificativa pelo fato de apresentar um aumento considerável nos últimos anos na incidência de queimadas para fins agropecuários.

METOP-C, NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19, NOAA-20 e o NPP-375.

Os dados de focos de calor disponibilizados pelo INPE foram disponibilizados em formato pontos *shapefile*. Estes dados constituem-se de pontos que possuem informações sobre os focos de calor, como sua Latitude e Longitude, data da observação do foco de calor e o tipo de satélite que detectou o foco. Estes dados foram devidamente organizados na tabela de atributos do *shapefile*, excluindo os focos de calor repetidos pelos diferentes satélites.

No *software* Qgis, foi realizado o padrão de distribuição do conjunto de pontos, utilizando-se o estimador de densidade Kernel. Este interpolador é comumente utilizado para gerar uma imagem através de dados amostrais, geralmente pontos. Este tipo de interpolador é realizado pelo ajuste de uma função bidimensional, no qual a função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma área de influência.

Seguindo a metodologia realizada por Botelho et al. (2020), os dados de focos de calor foram analisados pelo padrão de distribuição temporal e espacial dos focos de calor, identificando os meses e anos de maior ocorrência através de uma análise de Gráficos, Mapas e Tabelas. Para esse tipo de análise estatística foi utilizado a tabela eletrônica do *software* Excel.

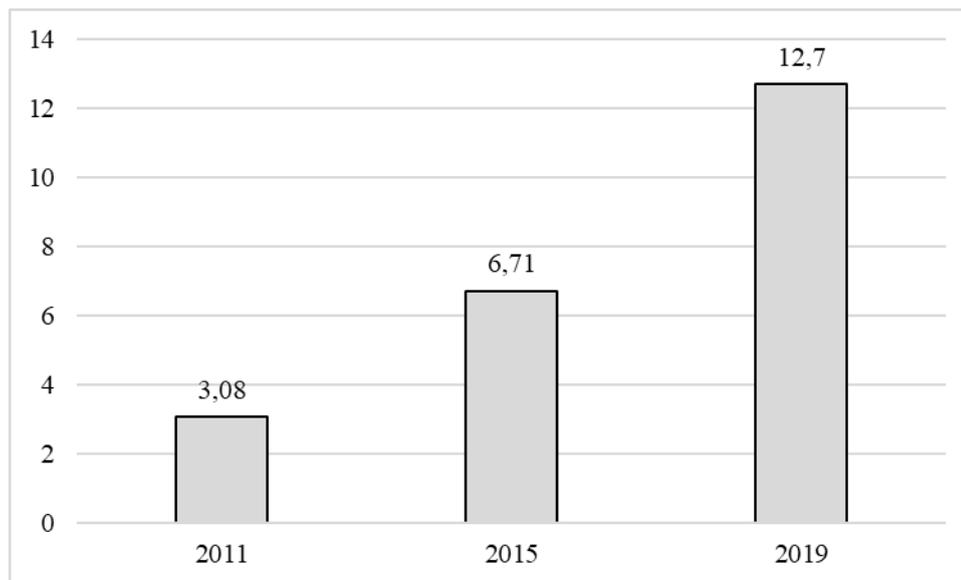
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do mapeamento da densidade de focos de calor detectados no

município de Crato a partir da metodologia de Kernel estão apresentados na Figura 1.



Figura 1 – Distribuição da densidade dos focos de calor para o município de Crato – CE

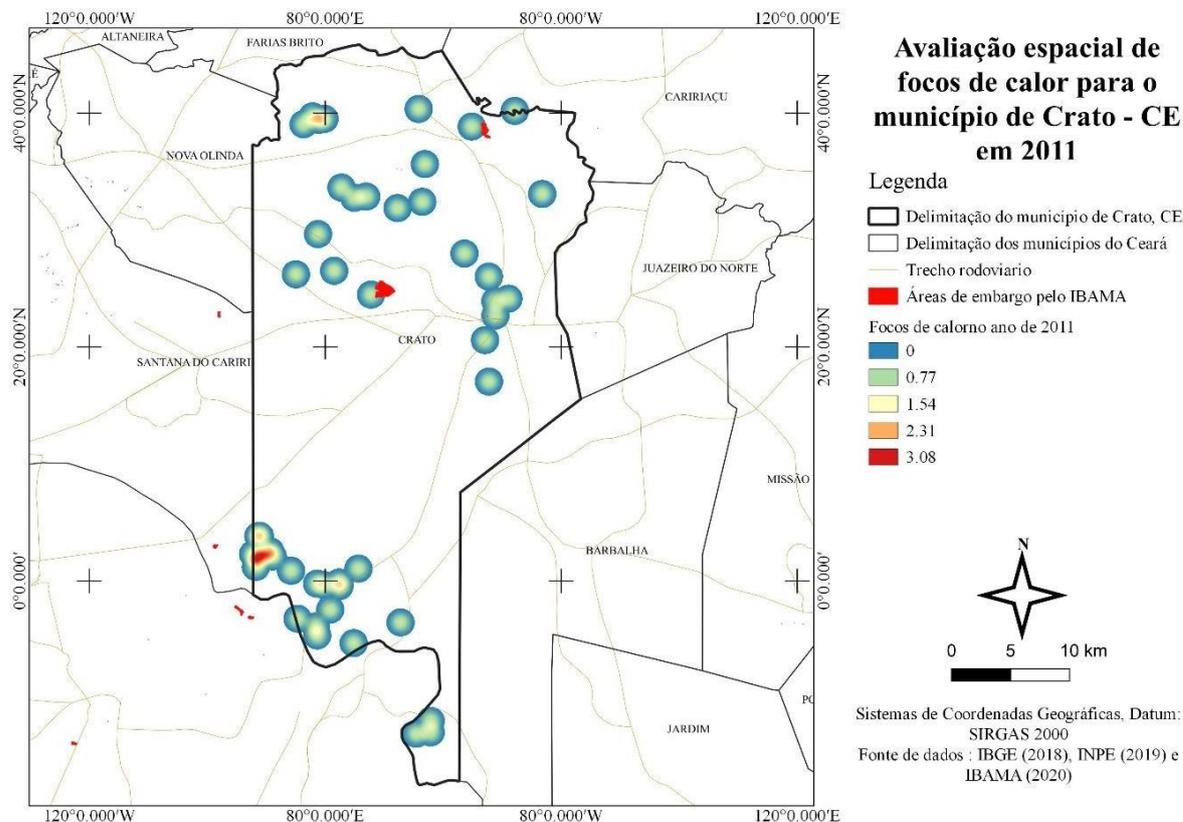


Fonte: Autores (2022).

O total de ocorrência de densidade de focos de calor no período de interesse nesse estudo foi de 22.49. O ano com maior densidade de focos detectado foi em 2019, com 12.7 de focos, apresentando 56.47% dos focos de calor durante o período analisado, em seguida 2015 com 6.71 (29.84% dos focos) e por último 2011, com 3.08 (13.69%). Os satélites utilizados para análise dos focos de calor possuem resolução de 1 km. Portanto, foram identificadas apenas queimadas com no mínimo 1 km<sup>2</sup>.

No ano de 2011 (Figura 2), início da série dos focos de calor de interesse nesse estudo, verifica-se a menor incidência em comparação aos anos seguintes, possivelmente esse número foi menor que 2015 e 2019 pela não influência do fenômeno climático El Niño – Oscilação Sul nas variáveis climáticas do Nordeste do Brasil, especialmente nas chuvas, fator esse que pode aumentar a quantidade de incêndios.

Figura 2 – Avaliação espacial de focos de calor para o Município de Crato-CE em 2011.



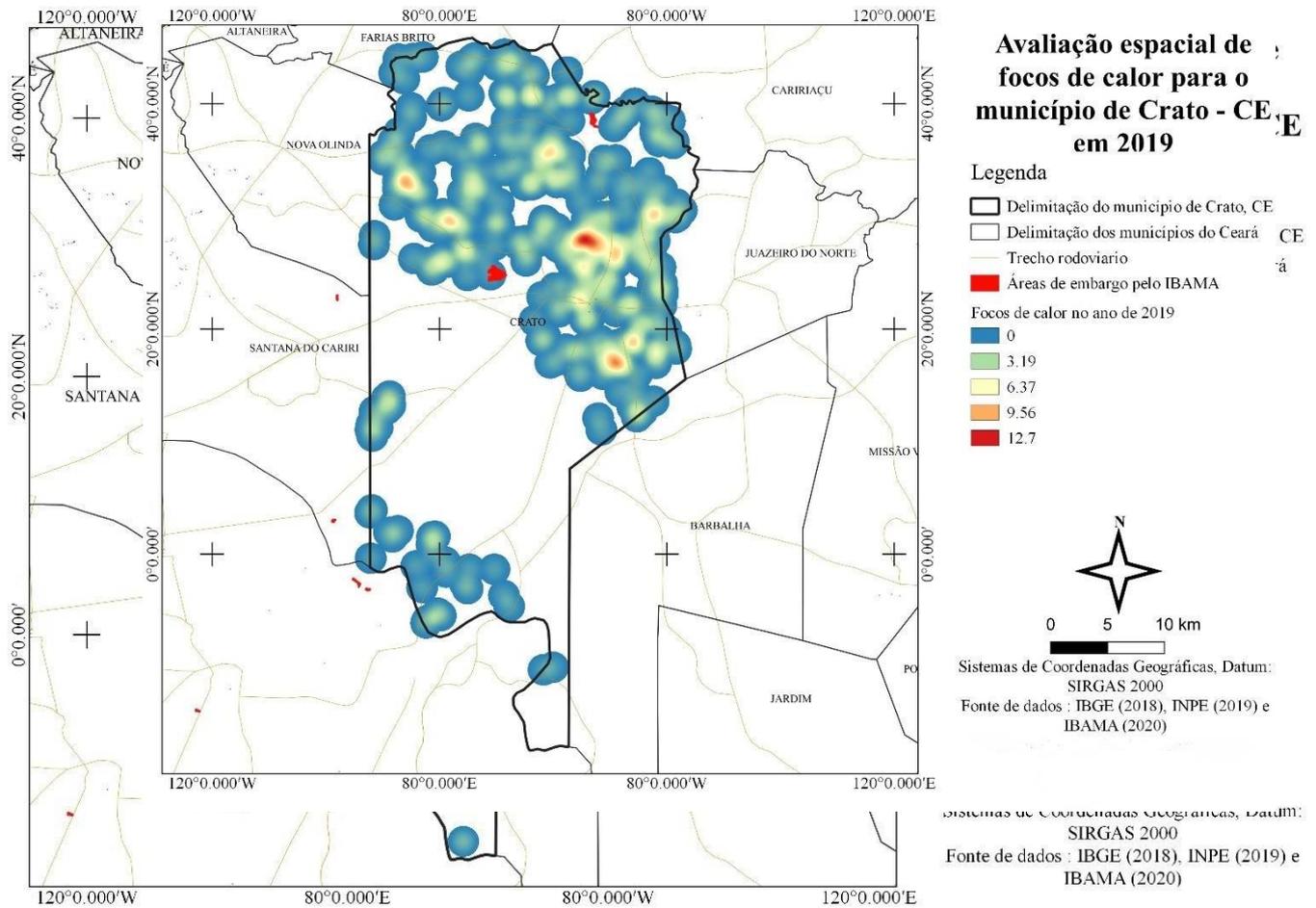
Fonte: Autores (2022).

Verifica-se pela análise da Figura 2 que em 2011 houveram poucos focos de calor, os detectados estão localizados ao Norte do município, mas não concentrados. Já no Sul do município os pontos de focos de calor apresentam-se concentrados. Entre os anos de 2011 e 2015, o município apresentou um aumento na taxa de ocorrência de focos de calor de 13.69% dos focos de calor totais para 29.84%, respectivamente.

Verifica-se pela Figura 3 o aumento do número de focos de calor no município de Crato, como também a distribuição espacial dos focos de calor na área de estudo. esteve presente em 2011.

Nota-se que a concentração dos focos de calor está ao Norte do município, no qual há presença de solo exposto, sem a presença de cobertura vegetal densa, o que possibilita a presença de incêndios sazonais. Um fator que pode ter ocasionado o aumento do número de focos de calor na região foi a presença do fenômeno climático El Niño – Oscilação Sul, que agiu fortemente nas chuvas do Nordeste brasileiro no ano de 2015-2016 e não

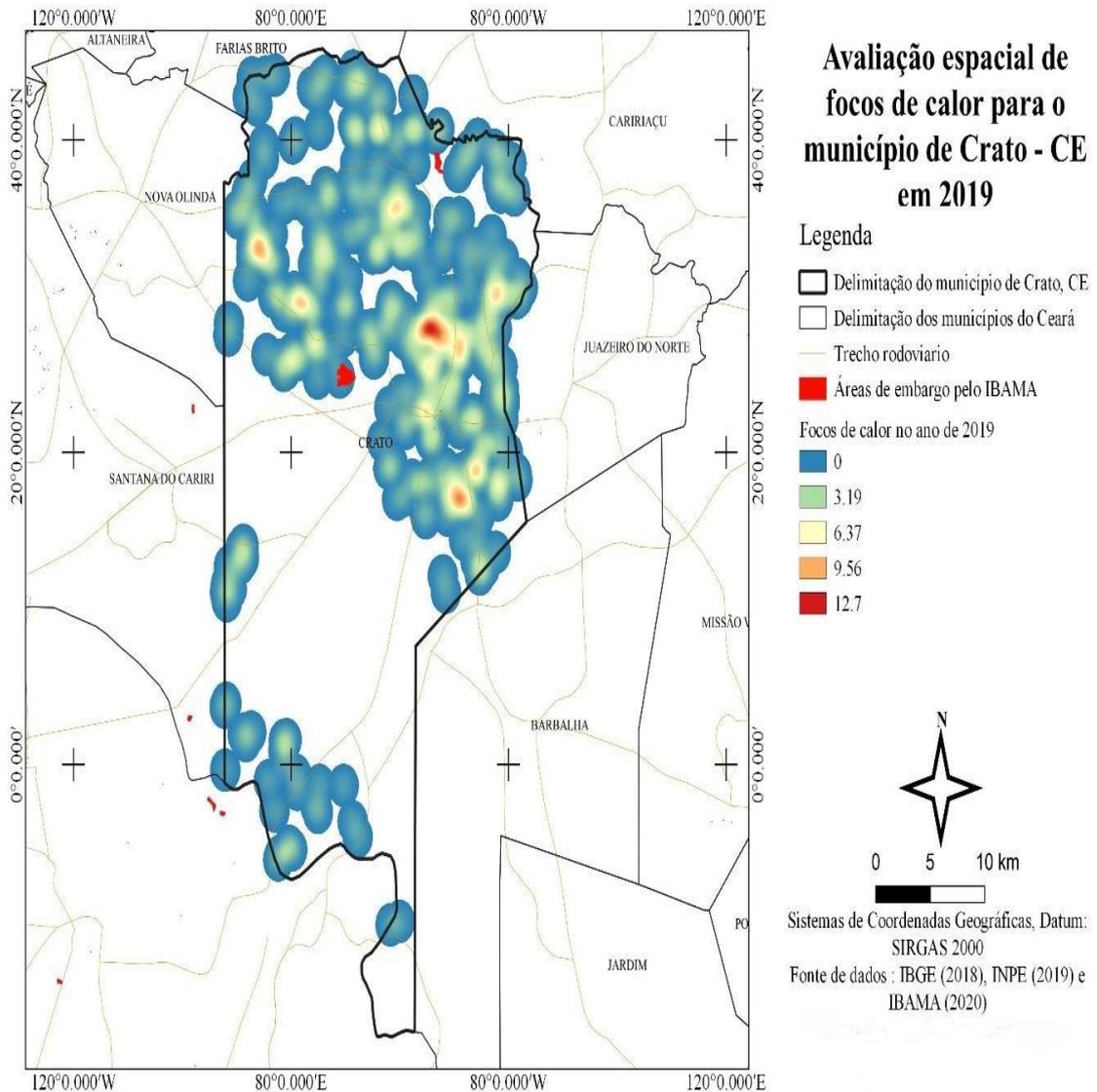
Figura 3 - Avaliação espacial de focos de calor para 2015 no município de Crato-CE.



Fonte: Autores (2022).

O ano de 2019 (Figura 4) foi o que foi detectado maior número de focos de calor na região, apresentando 56.47% dos focos de calor durante o período analisado.

Figura 4 - Avaliação espacial de focos de calor para 2015 no município de Crato-CE



Fonte: Autores (2022).

Segundo Gomes, Medeiros e Albuquerque (2010), o mês com maior incidência dos focos de calor nos municípios cearenses é no mês de setembro, pois o segundo semestre do ano é a época de maior incidência de queimadas e incêndios no Estado do Ceará e, conseqüentemente, na ocorrência de focos de calor, visto que é o período do ano que antecede a quadra chuvosa do Estado. No segundo semestre do ano, as temperaturas são mais elevadas, como também há poucas chuvas nesse período, propiciando condições favoráveis para as queimadas, especialmente no ano de 2019, no qual foi um ano extremamente seco e com ventos fortes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela análise dos mapas de focos de calor, foi possível verificar a quantidade de focos de calor em relação a cada ano dentro dos anos estudados. Por meio da análise de Kernel, foi possível realizar a análise espacial e temporal dos focos de calor na região. Pela análise dos resultados, verificou-se que o total de ocorrência de focos no período compreendido nos anos de 2011, 2015 e 2019 foi de 22.49.

Entre os anos de 2011, 2015 e 2019, o município apresentou um aumento na taxa de ocorrência de focos de calor

de 24.25%. Recomenda-se para futuros trabalhos uma análise temporal e espacial dos focos de calor para Região Metropolitana do Cariri e relacionar com as práticas agropecuárias desenvolvidas em cada município, a partir de uma análise quantitativa dos dados obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Henrique José Borges de et al. Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do Acre, Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 297-308, 2013.

BARBOZA, Eliezio Nascimento et al. Analysis of rainfall in the Metropolitan Region of Cariri and the influence of the el niño climate phenomenon-Southern Oscillation. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 758974971, 2020.

BATISTA, Antonio Cartos. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 237-24, Mai/Ago. 2004.

BOTELHO, Matheus Gabriel Lopes et al. Temporal and spatial evaluation of hot spots in Paragominas, PA, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 589974501, 2020.

CAÚLA, Rodrigo Hottz et al. Nonparametric statistics applied to fire foci obtained by meteorological satellites and their relationship to the MCD12Q1 product in the state of Rio de Janeiro, Southeast Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2017.

FERNANDES, Manoel do Couto et al. Avaliação geocológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 299-309, 2012.

GOMES, Daniel Dantas Moreira; MEDEIROS, CN de; ALBUQUERQUE, Emanuel Lindemberg Silva. Análise tempo-espacial das ocorrências de focos de calor no estado do Ceará: configuração dos cenários no contexto das unidades fitogeográficas e das Macrorregiões de Planejamento. **Texto para Discussão, Fortaleza**, n. 90, p. 01-28, 2010.

INPE. **Sistemas de monitoramento**. 2020. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

LAZZARINI, Gustavo Maximiano Junqueira et al. Análise da distribuição de focos de calor no Tocantins entre 2002 e 2011. **Interface**, v. 5, p. 24-35, 2012.

LOPES, Andréia Caroline Lima 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.

MAGALHÃES, A. O.; OLIVEIRA, VPV de. Uso e ocupação da terra no alto curso do Rio da Batateira-município do Crato/CE: impactos ambientais, potencialidades e limitações. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, v. 13, 2009.

MIRANDA, Heloisa Sinatora; SAITO, C. H.; DIAS, BF de S. **Impactos de Queimadas em áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília: ECL/UnB, 1996. 187 p.

PIROMAL, Rodrigo Alexandre Sbravatti et al. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77-84, 2008.

SAMPAIO, Maria Raquel Leite et al. Estudo comportamental da precipitação pluviométrica no município de Crato-Ceará, no período entre 1974-2009. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 27-33, 2019.

SOUZA, Lucio Silva de et al. Air quality photochemical study over Amazonia Area, Brazil. **International Journal of Environment and Pollution**, v. 48, n. 1-4, p. 194-202, 2012.