

## Análise espaço-temporal dos focos de calor no município de Parnaguá Piauí, entre 2008 a 2015

### *Spatial-temporal analysis of the sources of heat in the municipality of Parnaguá Piauí, between 2008 to 2015*

Oberis dos Santos Nascimento<sup>1\*</sup>, Ítalo Rômulo Mendes de Souza<sup>2</sup>, Wedna Pereira dos Santos Nascimento<sup>3</sup>, Jairon Santos do Nascimento<sup>4</sup>.

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo fazer uma análise espaço-temporal dos focos de calor no município de Parnaguá, Piauí no período de 2008 a 2015. Os dados dos focos de calor foram detectados pelos sensores a bordo do satélite, NOAA-12 e AQUA-M-T. Foi confeccionado o mapa de densidade *kernel* e interpolação dos dados de precipitação com o uso do software QGIS 2.16.2. O mapa de densidade *kernel* foi classificado em cinco intervalos, levando em consideração a densidade de focos de calor por km<sup>2</sup>. Observou-se que na parte leste do município teve maior concentração de focos de calor. Os maiores números de focos foram registrados nos anos de 2010, 2012 e 2015, anos em que a precipitação foi mais baixa, podendo traçar uma relação direta entre o aumento dos focos com a redução da precipitação. Em 2015 foi o único ano atípico, sendo detectado aumento da precipitação e aumento no número de focos de calor. O mapa de densidade *kernel* foi bastante representativo para distribuir espacialmente os focos de calor, que por sua vez deve ser considerado como plano de controle preventivo em relação a incidência de incêndios ou queimadas.

**Palavras-chaves:** *Kernel*. Incêndio. Queimadas. Precipitação.

**Abstract:** The objective of this work was to make a spatial-temporal analysis of the sources of heat in the municipality of Parnaguá, Piauí in the period from 2008 to 2015. The data of the outbreaks were detected by sensors aboard the channels, NOAA-12 AND AQUA-M-T. It was made the *kernel* density map and data interpolation of rainfall with the use of QGIS software 2.16.2. The *kernel* density map was classified into five intervals, taking into account the density of outbreaks of heat per km<sup>2</sup>. We observed that in the eastern part of the municipality had a higher concentration of outbreaks of heat. The largest numbers of outbreaks were recorded in the years 2010, 2012 and 2015, years in which the rainfall was lower, and may trace a direct relationship between the increase of outbreaks with the reduction of precipitation. In 2015 was the only year atypical, being detected increase in rainfall and increase in the number of foci of heat. The *kernel* density map was quite representative to distribute spatially outbreaks of heat, which in turn should be considered as preventive control plan in relation to the incidence of fires or burned.

**Key words:** *Kernel*. Fire. Burned. Precipitation.

\* Autor para correspondência

Recebido para publicação em 25/04/2017; aprovado em 16/11/2017

<sup>1</sup>Especialista em Estudos Geoambientais e Licenciamento, IFPI, *Campus* Corrente; oberis2010@gmail.com

<sup>2</sup>Especialista em Estudos Geoambientais e Licenciamento, IFPI, *Campus* Corrente; italo\_romulo@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduada em Ciências Biológicas, UESPI, *Campus* Corrente; wednasantos22@gmail.com

<sup>4</sup>Graduado em Ciências Biológicas, UESPI, *Campus* Corrente; jairon.nascimento@live.com

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o país da América do Sul com mais incidências de focos de calor, concentrando principalmente nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste e as ações antrópicas são as principais causadoras das queimadas, apenas pequena parte é provocada por condições naturais (EMBRAPA, 2010). Mendoza (2002) considera que as condições climáticas contribuem para o alastramento do fogo, onde períodos com pouca chuva e baixa umidade aumenta a quantidade do material combustível.

Devido à grande extensão territorial do Brasil o monitoramento da ocorrência de incêndios ou queimadas vem sendo realizados por meio do sensoriamento remoto, possibilitando detectar focos de calor, servindo como subsidio para definir estratégias de prevenção e combate a incêndios (PIROMAL, et al., 2008).

Os dados de focos de calor são captados pelos sensores dos satélites, na qual o termo focos de calor refere-se a temperaturas registradas acima de 47° C e são detectados pelos sensores presentes nos satélites, o que nem sempre faz referência a focos de fogo ou incêndio (INPE, 2014). Segundo Graneman e Carneiro (2009) os sensores a bordo dos satélites têm contribuído para detectar e localizar em tempo real os focos de calor. Jesus et al. (2011) considera que a localização das ocorrências dos focos de calor é importante para poder definir estratégias de combate e prevenção de incêndios.

Atualmente o monitoramento de queimadas e incêndios florestais faz uso de algumas ferramentas tecnológicas, tais como sensores presente nos satélites NOAA-12, NOAA-15, NOAA-16, TERRA e AQUA\_M-T (INPE, 2014). O satélite NOAA-12 opera em cinco bandas, onde a banda três é utilizada para detectar focos de calor, isso devido operar na faixa do infravermelho termal, sendo sensível a fontes de calor e cobre todo o Brasil, com seis

passagens diárias (MMA, 2013). Os satélites NOAA-12 e AQUA\_M-T são considerados os mais adequados para a detecção de focos de calor, pois opera a uma altitude de 810 e 700 km respectivamente, possibilitando maior precisão na obtenção dos dados (INPE, 2014).

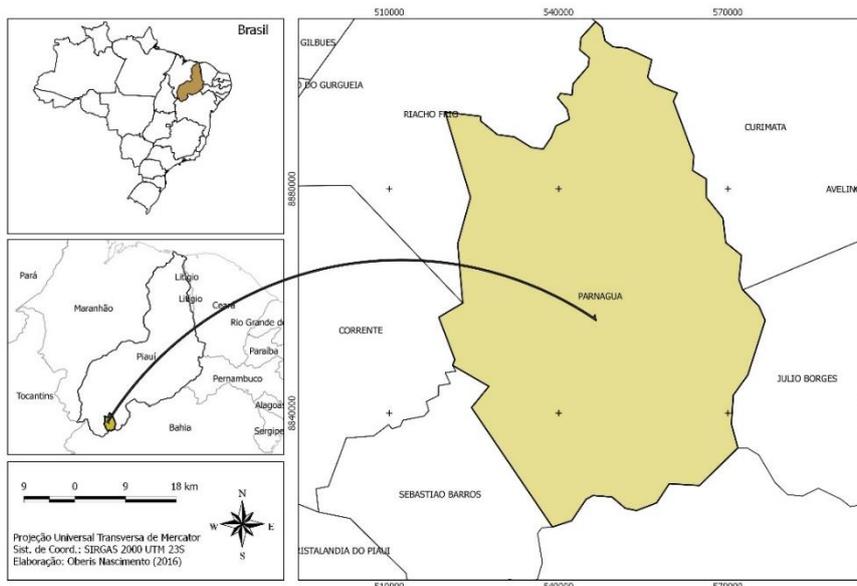
Segundo Fonseca e Ribeiro (2003) as informações das áreas com focos de calor com intervalos menores contribuem com a prevenção de incêndios, já que possibilita elaboração de medidas de contenção e controle. Ainda de acordo Santos et al. (2011) o uso de ferramentas de sensoriamento remoto é importante para identificação das ocorrências de incêndios, sendo possível monitorar grandes áreas. Logo o presente trabalho teve como objetivo realizar análise espaço-temporal dos focos de calor no município de Parnaçuá, Piauí no período de 2008 até 2015.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O município de Parnaçuá está localizado no sul do Piauí nas coordenadas 10°13'39" de latitude Sul e 44°38'21" de longitude oeste, com 334 metros de altitude (Figura 1). A vegetação do município é típica de cerrado, com fragmentos de caatinga, possui clima segundo a classificação de Koppen do tipo Aw, tropical semiárido, quente e subúmido, com duas estações definidas (verão chuvoso e inverno seco), tendo as chuvas distribuídas nos meses de (novembro a abril), precipitação média anual varia de 800 a 1000 mm, com temperatura média de 24 a 26° C, umidade relativa do ar variando entre 60 a 65% (ANDRADE JR, 2004). A área do município é de 3.314 km<sup>2</sup> e a população em 2010 foi de 10.276 habitantes, com uma econômica voltada para serviços públicos, pecuária e agricultura de subsistência (IBGE, 2016).

**Figura 1.** Localização da área de estudo



Fonte: Os Autores (2016)

### Aquisição dos dados

Realizou-se levantamento dos dados de foco de calor junto ao site do INPE, na página eletrônica de queimadas (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). Utilizou-se dados proveniente de sensores a bordo dos satélites NOAA 12 e AQUA\_M-T. Os dados são disponibilizados de forma gratuita em formato shapefile, onde cada ponto de foco de calor possui coordenadas geográficas, data da ocorrência do foco, risco, tipo de satélite, bioma e o município. Foi obtido dados correspondente aos anos de 2008 até 2015, tanto para o período chuvoso como para o seco.

O acumulado de precipitação de cada ano foi obtido junto ao site da Agridempo, na página eletrônica (<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=PI>), correspondente aos mesmos anos de obtenção dos focos de calor

### Processamento dos dados

Os mapas de densidade dos focos de calor foram confeccionados com o uso do software Qgis 2.16.2, tendo como processos a importação dos focos de calor dos respectivos satélites seguido da projeção para o sistema plano e só então utilizando-se o estimador de densidade *Kernel*. A análise de *Kernel* tem por objetivo suavizar a densidade dos focos de calor por unidade de área. Para o presente trabalho utilizou-se o raio de 3.000 metros (m) e células de 90 x 90 m, valores indicados pelo próprio algoritmo *Kernel*, em função da área estudada.

A partir da densidade de *kernel* foram realizadas classificações, considerado os níveis de densidade, variando de acordo com a quantidade de focos de calor por quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>). Para melhor representação e análise dos resultados, foram definidas 5 classes de densidade, onde os valores variam em função da quantidade de focos de calor encontrados em 1 km<sup>2</sup>, e os anos foram apresentados com legenda classificada de acordo o que segue: de 0 a 0.3 (muito baixa); 0.3 a 0.7 (baixa); 0.7 a 1 (média); 1 a 1.3 (alta); e > 1.3 (muito alta).

Realizou a interpolação dos dados de precipitação com o auxílio do software Qgis, utilizando o método *Inverse Distance Weighting* (IDW).

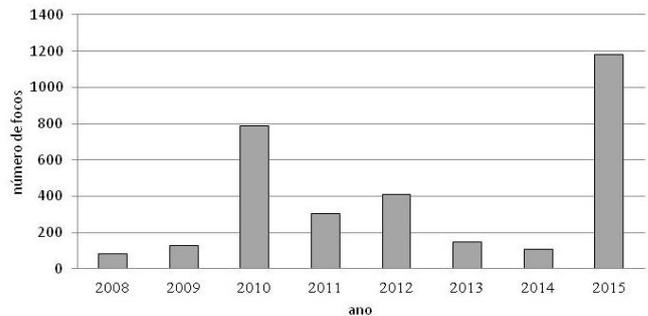
A análise quantitativa anual, mensal e sazonal dos focos de calor e dos dados de precipitação foram realizadas no software Microsoft Excel®, contendo o quantitativo de focos de calor de cada ano e nos períodos secos e chuvosos e precipitação acumulada em cada mês.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise quantitativa dos dados de focos de calor mostrou um total de 3.150 focos entre janeiro de 2008 a dezembro de 2015. A figura 2 mostra a quantidade distribuída em cada ano. Observa-se que o ano de 2008 e 2009 apresentaram poucos focos em comparação com o ano de 2010 que teve quase três vezes a mais do que o acumulado dos dois anos anteriores com 790 focos de calor.

Em 2011 o número de focos diminuiu, sendo registrados 306 focos, aumentando novamente em 2012, e reduz em 2013 e 2014, porém em 2015 o número de focos aumenta muito, com quase 11 vezes a mais em relação com o ano anterior, passando de 109 em 2014 para 1178 em 2015.

**Figura 2.** Total de focos de calor no município de

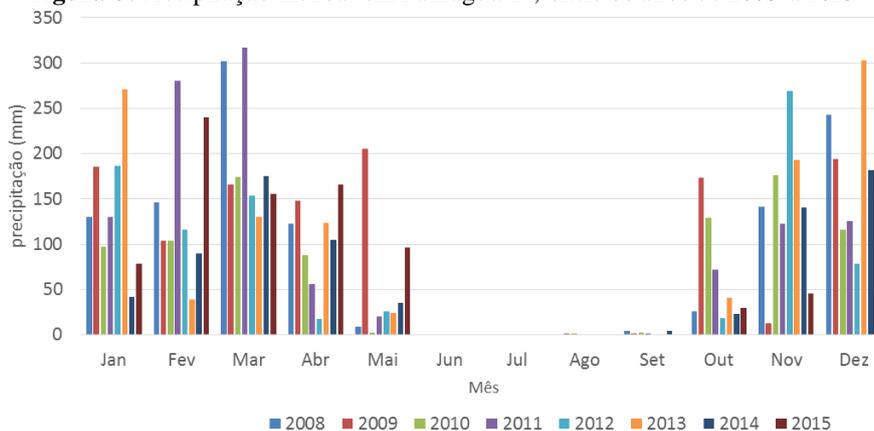


Parnaguá-PI, entre os anos de 2008 a 2015.

Fonte: CPTEC-INPE, (2016)

A figura 3 apresenta os valores da precipitação média anual no município de Parnaguá entre os anos de 2008 a 2015. Percebe-se que os anos com menor precipitação foram 2010, 2012, 2014 e 2015, destes apenas 2014 foi abaixo da média anual registrada para o município que varia de 800 a 1000 mm. Analisando os valores mensais percebe-se que os maiores valores estão concentrados nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março.

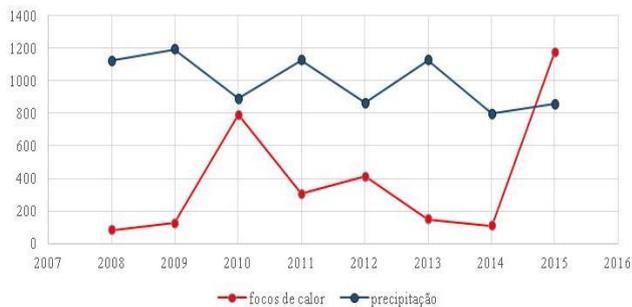
**Figura 3.** Precipitação mensal em Parnaguá-PI, entre os anos de 2008 a 2015.



Fonte: AGRITEMPO (2016)

Percebe-se uma relação entre focos de calor e precipitação, ou seja, quanto maior a precipitação menor a quantidade de focos de calor e vice-versa. Em 2008 e 2009 a quantidade de precipitação foi alta logo o número de focos de calor foi baixo, já em 2010 a precipitação foi baixa e o número de focos de calor aumentou. A relação continua durante os anos seguintes, porém em 2015 houve um caso atípico, onde teve aumento da precipitação em comparação ao ano de 2014, porém houve aumento no número de focos de calor (Figura 4).

**Figura 4.** Relação entre focos de calor e precipitação em Parnaçuá-PI, entre os anos de 2008 a 2015.



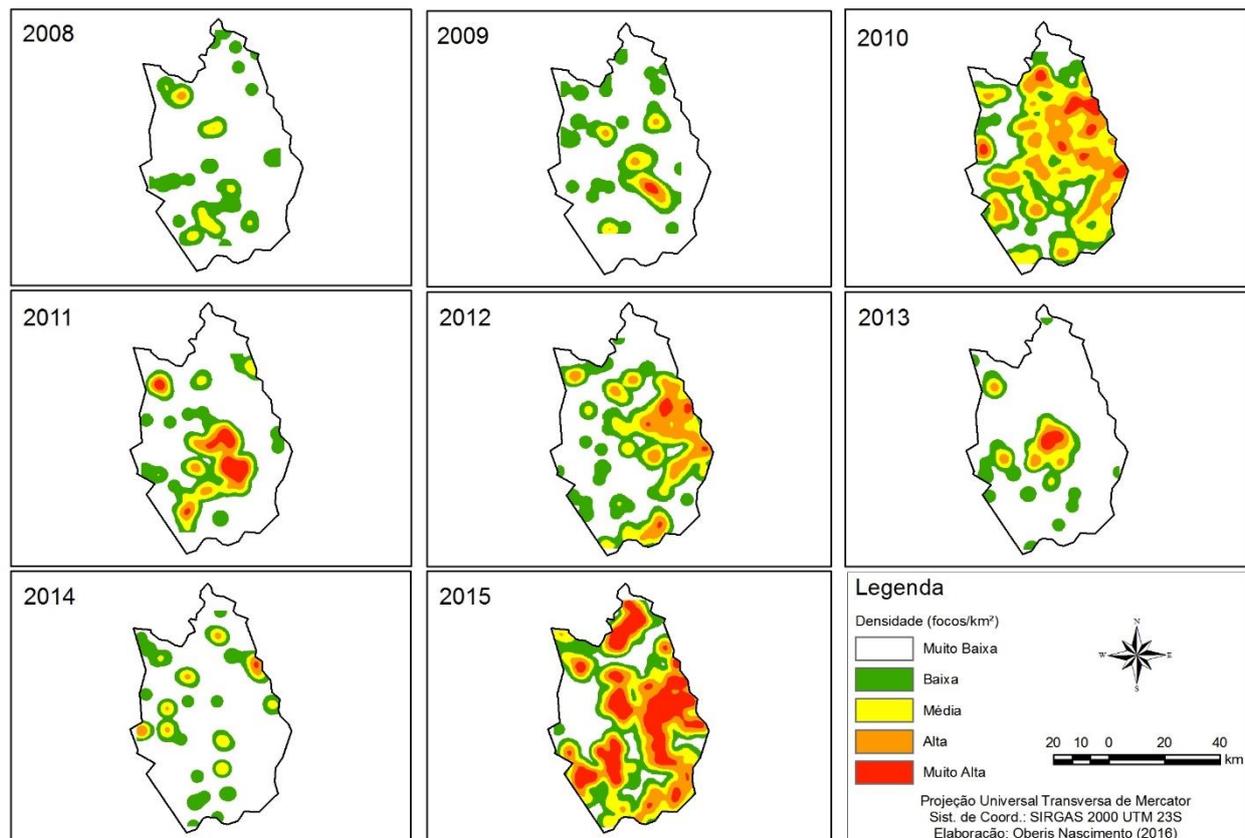
Fonte: CPTEC – INPE e AGRITEMPO, (2016)

A relação com o aumento de focos de calor e aumento de precipitação observada no ano de 2015 ocorreu devido ao grande período de estiagem durante o ano, no qual a precipitação acumulou apenas nos primeiros meses do ano, chovendo 737 dos 856 mm registrados para todo o ano. Corroborando com Abreu e Souza, (2016) que encontrou números elevados de focos de calor em regiões com grande período de estiagem.

Segundo Vasconcelos, et al. (2015) a incidência de focos de calor em grandes períodos de estiagem aumenta quase 84% em comparação com anos em condições de seca menores, isso devido a suscetibilidade que a vegetação possui em ser queimada, podendo ser intensificada por ação antrópica.

O mapa de densidade *kernel* demonstra a distribuição dos focos de calor em todo o município nos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015 (Figura 5). Observa-se que todos os anos registraram focos de calor, mesmo em pequena densidade, porém nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2015, a densidade variou de alta a muito alta.

**Figura 5.** Mapa de densidade de focos de calor em Parnaçuá-PI, entre os anos de 2008 a 2015.



Fonte: CPTEC – INPE, (2016)

Comparando os anos com maior densidade de focos de calor, percebe-se que todos estão geograficamente localizados em regiões próximas umas das outras, com

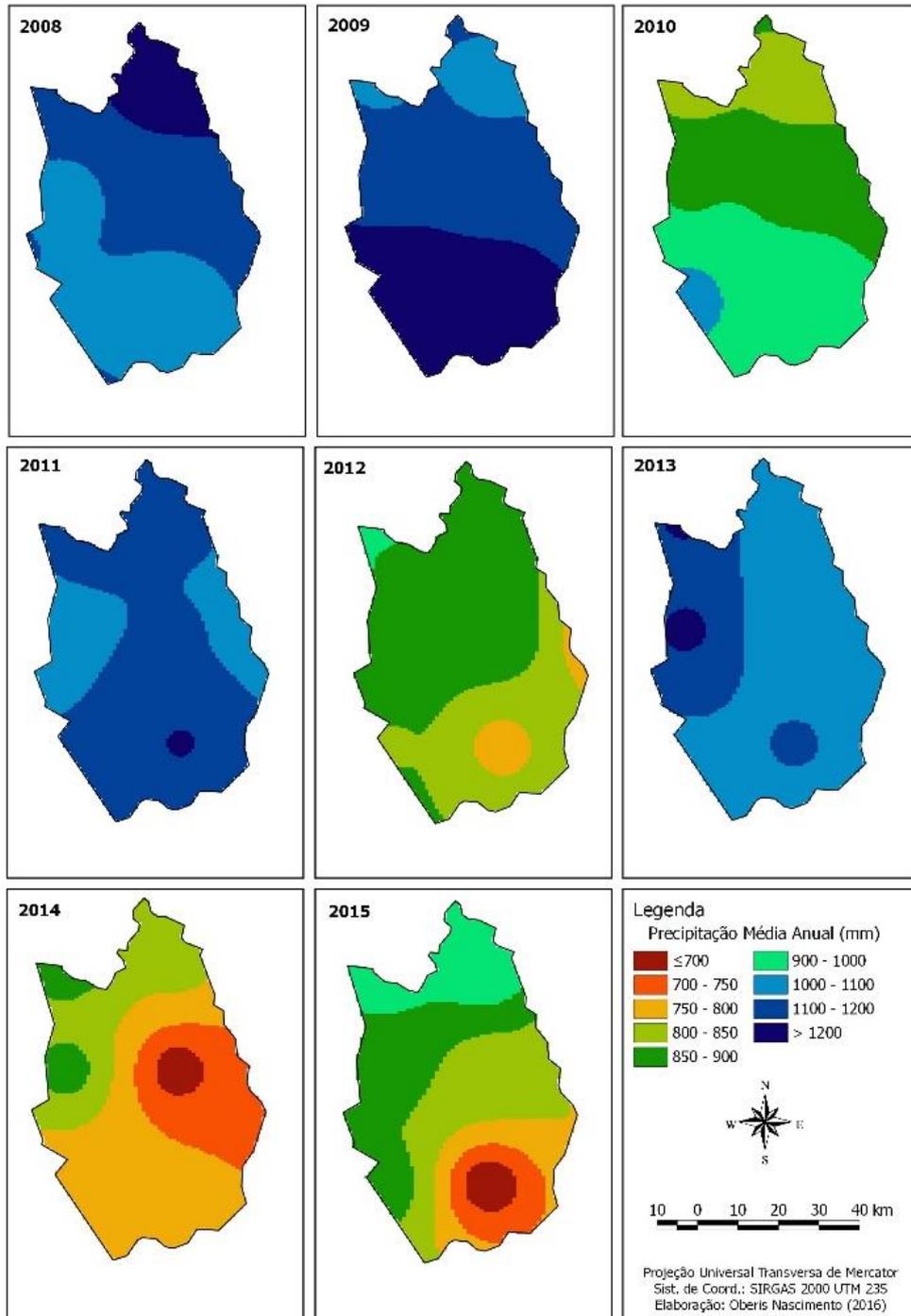
exceção de 2011 e 2013. O número elevado de focos nessas áreas foi influenciado principalmente por a baixa

precipitação na parte leste do município (Figura 6), porém houve grande contribuição de ações antrópicas.

Nos anos de 2012, 2014 e 2015 percebeu uma redução na precipitação na parte leste do município, sendo

registrado valores abaixo da média, o que contribuiu com o aumento dos focos de calor registrado nos anos de 2012 e 2015.

**Figura 6.** Precipitação média anual em Parnaíba – PI, entre os anos de 2008 a 2015



Fonte: AGRITEMPO, (2016)

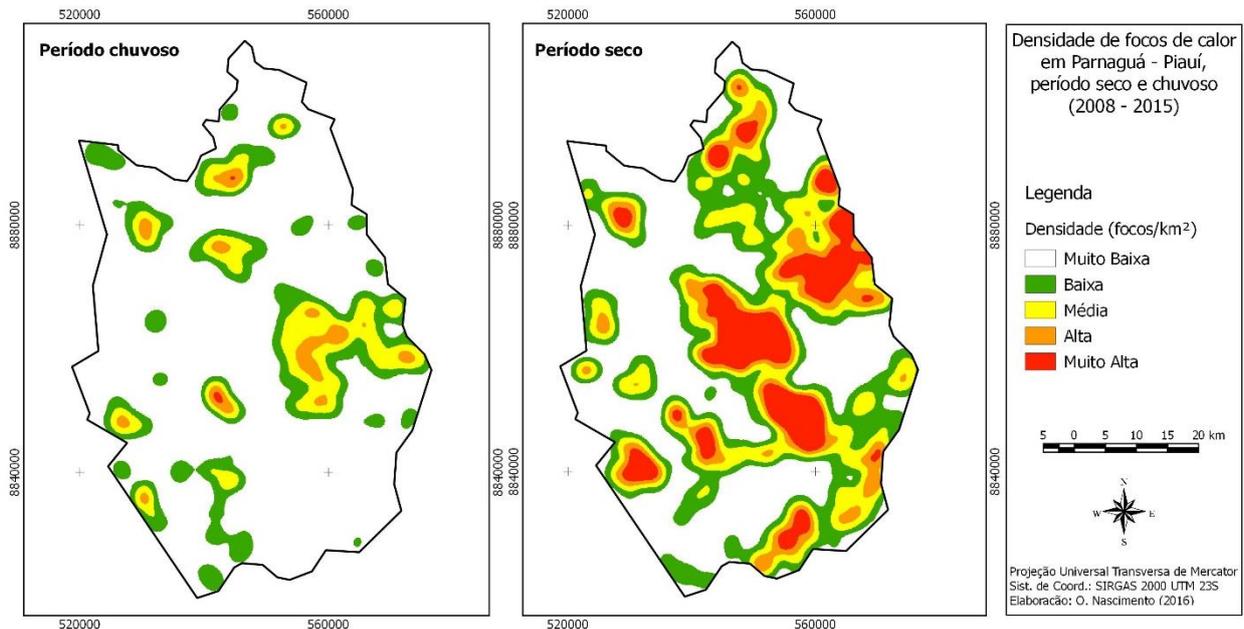
A análise dos focos de calor nos períodos seco e chuvoso apresenta maior densidade para os meses secos (Figura 7), corroborando com os encontrados por Vasconcelos et al. (2015); Ramos, et al. (2011); Mendoza (2002).

O auto índice de focos nos períodos secos já estava previsto, pois a falta de precipitação condiciona a

incidência e aumento de focos de calor, o que já era esperado devido ao acúmulo de material combustível. No entanto percebe alta densidade de focos mesmo no período chuvoso, porém em 2015 foi detectado elevados números de focos de calor entre os meses de outubro a dezembro, período em que a precipitação foi baixa para esse ano, sendo concentrada apenas nos meses iniciais, ao contrário

dos anos anteriores que pode ser registrado índice favorável da precipitação para esses meses.

**Figura 7.** Densidade de focos de calor nos períodos secos e chuvosos em Parnaçuá-PI, entre os anos de 2008 a 2015



Fonte: CPTEC – INPE (2016)

De acordo com Pereira Júnior (2003) e Vasconcelos et al. (2015) a falta de precipitação contribui com a queda da folhagem em vegetação típicas de cerrado e com isso acrescenta mais material combustível, possibilitando o aumento de incêndio e queimadas.

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados para este trabalho consideram que o condicionante para o aumento de focos de calor foi à precipitação.

Os mapas de densidade *kernel* foram representativos quanto à qualidade dos dados, apresentando a distribuição espacial de maneira fidedigna ao mostrado pelos focos de calor. Cabe ressaltar que a densidade muito alta na parte leste do município deve ser levada em consideração para as medias de controle e prevenção de incêndios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. A.; SOUZA, J. S. A. Dinâmica Espaço-temporal de Focos de Calor em Duas Terras Indígenas do Estado de Mato Grosso: uma Abordagem Geoespacial sobre a Dinâmica do Uso do Fogo por Xavantes e Bororos. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 23, n 1, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-80872016000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872016000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 05 set. 2016.

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agro meteorológico, 2016. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>>. Acesso em: 02 maio 2016.

ANDRADE JR., A. S.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. Atlas Climatológico do Estado do Piauí. Teresina-PI: Embrapa Meio Norte, 2004

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, 2010. **Alternativas para a Prática das Queimadas na Agricultura**. Disponível em: <[http://www.queimadas.cnp.embrapa.br/qmd\\_2000/index.htm](http://www.queimadas.cnp.embrapa.br/qmd_2000/index.htm)>. Acesso em: 20 mai. 2016.

FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de precipitação de incêndios florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2003. 112p.

GRANEMAN, D. C.; CARNEIRO, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas Queimadas com a utilização de imagens de Sensoriamento remoto. **Revista Engenharia e Tecnologia**, v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: <[http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2009\\_monitora\\_vegetacao\\_sr.pdf](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2009_monitora_vegetacao_sr.pdf)>. Acesso em: 16 ago. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Parnaçuá-PI, censo agropecuário 2006. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pi/parnaquua/pesquisa/24/27930?detalhes=true>> Acesso em: 20 de Nov. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014. **Deteção de Queimadas nas Imagens do Satélite Geostacionário GOES-12**. Disponível em: <[http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/relat\\_goes.htm](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/relat_goes.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

JESUS, S. C.; SETZER, A. W.; MORELLI, F. Validação de focos de queimadas no Cerrado em imagens TM/Landsat-5. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba, PR. Anais Curitiba, PR, Brasil. INPE.

LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 17, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.jourlib.org/paper/2973230#.V-6zpdQrLIU>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

MENDOZA, E. R. H. **Susceptibilidade da floresta primária ao fogo em 1998 e 1999: estudo de caso no Acre, Amazônia Sul** - Ocidental, Brasil. (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre. 2002.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Boletim de monitoramento de focos de calor Cerrado**. n. 824 Cerrado 2013. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo/boletins-de-monitoramento>>. Acesso em: 20 jul. 2016. Brasília, 2013.

PEREIRA JÚNIOR, A. C. **Métodos de geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo**. 2002. 97 p. (Doutorado em Ciências da Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PIROMAL, R. A. S.; LOMBARDI, R. J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazônica**. Manaus –AM, v. 38, 2008.

RAMOS, A. B. R.; NASCIMENTO, E. R. P.; OLIVEIRA, M. J. Temporada de incêndios florestais no Brasil em 2010: análise de série histórica de 2005 a 2010 e as influências das chuvas e do desmatamento na quantidade dos focos de calor. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba, PR. Anais, Curitiba, PR, Brasil. INPE.

SANTOS, C. A. P.; SOUZA, U. B.; SILVA, W. L. Quantificação dos focos de calor na Meso-região do Extremo Oeste Baiano. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011.

VASCONCELOS, S. S. et al. Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v. 30, n. 2, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0102-7786&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0102-7786&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 jul. 2016.