

Artigo

## Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro

Sara dos Santos Clemente<sup>1</sup>, José Francisco de Oliveira Júnior<sup>2</sup>, Marco Aurelio Passos Louzada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup>*Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Campus A.C. Simões, Maceió, AL, Brasil.*

<sup>3</sup>*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, Brasil.*

Recebido em 20 de Janeiro de 2017 – Aceito em 10 de Setembro de 2017

### Resumo

O estudo avaliou a ocorrência de focos de calor nos remanescentes da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, sob o aspecto climático. As informações obtidas da base de dados BDQueimadas, do período de junho de 1998 a dezembro de 2015, sofreram estatística descritiva, exploratória e paramétrica. As maiores ocorrências de focos de calor foram registradas nos meses de agosto, setembro e outubro e, os anos com os maiores registros foram nos ciclos 2010/2011 (16,06%) e 2014/2015 (41, 24%), ambos somaram 57,30% da série temporal, referente a La Niña e El Niño nas categorias forte e fraco. O teste paramétrico mostrou uma repetição dos meses de abril e junho nos anos avaliados na série temporal de focos de calor. As regiões de Governo Centro-Sul Fluminense e Médio Paraíba registraram os maiores registros de focos de calor, segundo a avaliação espacial. Nossos resultados demonstram que o acesso a uma base gratuita de dados permite a prevenção de danos causados pelas queimadas e incêndios. Com a evolução dos sensores de temperatura e de algoritmos de tratamento de dados, será possível diferenciar os focos de calor que representam incêndios e queimadas daqueles que indicam, por exemplo, atividade de indústrias.

**Palavras-chave:** focos de calor, testes não-paramétricos, Mata Atlântica, El Niño.

## Fire Focus in the Atlantic Forest of the State of Rio de Janeiro

### Abstract

The study evaluated the occurrence of fire focus in the remnants of the Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro, from a climatic perspective. The data obtained from the database BDQueimadas, from June 1998 to December 2015, underwent descriptive, exploratory and parametric statistics. The highest temperature records were identified in the 2010/2011 (16.06%) and 2014/2015 (41% and 24%) cycles. The total percentage (57, 30%) of the time series indicated strong and weak categories, as La Niña and El Niño. The parametric test showed that August, September and October had the highest temperature records, but a similar thermal pattern was found during April and June, in the same years. As for the regions, the highest temperature recorded, according to the spatial evaluation of the fire focus distribution, was for Central-South Fluminense and Médio Paraíba. Our results demonstrate that through access to a relatively simple database it is possible to obtain objective information that can be used for the prevention of damage caused by fires. With the expected evolution of thermal sensors and data-processing algorithms, it is very likely that we can skillfully discriminate fire focus related to fires from those indicating, for example, industry activity or relevant specificities.

**Keywords:** fire focus, nonparametric tests, Atlantic Forest, El Niño.

### 1. Introdução

Uma prática secular adotada em nosso país é o uso do fogo sem controle, para limpeza de grandes áreas, em atividades agropastoris, principalmente nas regiões Norte,

Nordeste e Centro-Oeste (Caúla *et al.*, 2015). Os incêndios florestais e queimadas podem se originar de forma natural, acidental ou criminosa (Fernandes *et al.*, 2011), além de sua ocorrência poder ser intensificada e mesmo influenciada pelos modos de variabilidade climática El Niño-Oscilação

Sul (ENOS) e Oscilação Decadal Pacífico (ODP) - (Schoennagel *et al.*, 2005; Almeida *et al.*, 2016; Caúla *et al.*, 2016). Os incêndios florestais provocam perda de superfície de ecossistemas, de espécies de flora e fauna, seguidas da modificação do clima, gerando um ambiente cada vez menos sadio para as populações, com agravamento das doenças respiratórias (Silva de Souza *et al.*, 2012). Além disso, os incêndios florestais são um dos grandes fatores de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), seguido pelo agravamento da inclusão de *blackcarbon* e aerossóis na atmosfera local e remota (Swetnam e Anderson, 2008; Caúla *et al.*, 2015). Os incêndios florestais naturais têm início em função das condições meteorológicas propícias (período prolongado de estiagem, temperaturas altas e baixa umidade do ar) (Armenteras-Pascuala, 2011; Gois *et al.*, 2016). As emissões atmosféricas provocadas pelas queimadas são responsáveis por aumentar a poluição do ar, causando a piora na qualidade do ar nas Regiões Metropolitanas (RM) (Zeri *et al.*, 2011; Zeri *et al.*, 2016).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (IBAMA, 2016) caracteriza “foco de calor” como um registro detectado por sensores orbitais dos satélites ambientais de monitoramento de calor na superfície do solo. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) faz uso de satélites ambientais para detecção operacional e monitoramento de focos de calor, além do cálculo e previsão do risco de fogo da vegetação dos biomas brasileiros por meio de satélites que

operam na faixa termal-média de 4  $\mu\text{m}$  (Antunes, 2000; INPE, 2016). O sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) registra qualquer temperatura acima de 47 °C e a interpreta como foco de calor. Porém, é importante ressaltar que nem todo foco de calor é uma queimada, alguns podem ser identificados como carvoarias, indústrias e diversas outras fontes de calor (Antunes, 2000; Caúla *et al.*, 2016).

Baseados no exposto, os objetivos do estudo são avaliar a ocorrência de focos de calor nos remanescentes da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro (ERJ) sob o aspecto climático e, a possível relação com o modo de variabilidade climática ENOS.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O ERJ situa-se na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 20°45'54" e 23°21'57" S e as longitudes 40°57'59" e 44°53'18" W. Faz divisa ao nordeste (NE) com o Espírito Santo, norte e noroeste (N-NW) com Minas Gerais, sudoeste (SW) com São Paulo e com o Oceano Atlântico a sul e leste (S-E). O estado está dividido geopoliticamente em 92 municípios, (IBGE, 2016), inseridos em oito regiões do Governo - (Fig. 1), uma área total de 43.781,566 km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 378 hab/km<sup>2</sup> e taxa de urbanização de 97,3% (IBGE, 2016). A sua cobertura vegetal se encontra totalmente inserida no bioma Mata Atlântica. Os fragmentos em melhor estado de conservação encontram-

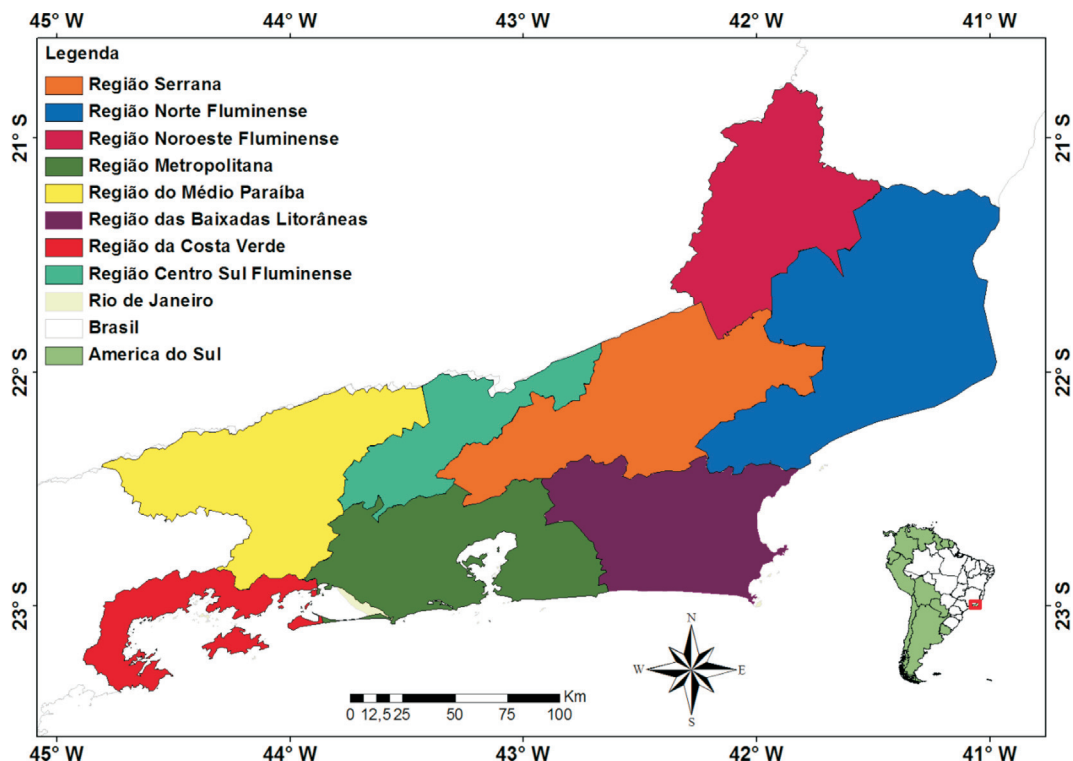


Figura 1 - Estado do Rio de Janeiro localizado no Brasil e na América do Sul e subdividido em suas oito regiões de Governo.

se principalmente nas áreas montanhosas ou no interior de Unidades de Conservação (UC), sendo que atualmente um terço do território do estado (33,1%) é coberto por área florestal em diferentes estágios de conservação (IBGE, 2016).

O ERJ possui uma característica climática diversificada devido à sua posição geográfica, o que permite a ocorrência de aspectos dinâmicos da atmosfera nessa região. Os sistemas meteorológicos variam desde escala local, mesoescala e grande escala. Interferem no regime de chuva a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (FF), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), e os dois últimos podem intensificar os períodos de estiagens na região Sudeste, dependendo das suas posições (Reboita *et al.*, 2010; Oliveira Júnior *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2016).

## 2.2. Série temporal de focos de calor

Os dados de focos de calor foram obtidos a partir do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) - <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> (CPTEC, 2016). Atualmente o CPTEC utiliza 31 satélites ambientais (Órbita Polar e Geoestacionário) para compor sua rede de observação na América do Sul (AS). As séries de satélites meteorológicos são: NOAA, GOES, AQUA (EOS PM-1), TERRA (EOS AM-1), METEOSAT, ATSR e TRMM. Esses satélites realizam o imageamento orbital pelo país nos períodos da manhã, tarde, noite e madrugada. A série temporal de focos de calor obtidos do bioma Mata Atlântica corresponde ao período de 1998 a 2015.

## 2.3. Estatística aplicada à série temporal de focos de calor

Os dados receberam tratamento estatístico exploratório, descritivo e paramétrico. A estatística descritiva utilizou as medidas de tendência central (média e mediana), medidas de dispersão (valores mínimo e máximo, desvio padrão - DP) e coeficiente de variação (CV, %). A exploratória utilizou o boxplot para fornecer as informações: localização, dispersão, assimetria, comprimento da cauda e *outliers* (medidas discrepantes). O teste de Pettitt foi utilizado no tratamento paramétrico. O teste faz uso de duas amostras  $X_1, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, \dots, X_T$  que pertencem a mesma população. A estatística  $U_{t,T}$  faz uma contagem do número de vezes que um membro da 1ª amostra é maior que o membro da 2ª, conforme a equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad \text{para } t = 2, \dots, T \quad (1)$$

em que,  $\text{sgn}(x) = 1$  para  $x > 0$ ;  $\text{sgn}(x) = 0$  para  $x = 0$ ;  $\text{sgn}(x) = -1$  para  $x < 0$ .

A estatística  $U_{t,T}$  é calculada para os valores de  $1 < t < T$ , e a estatística  $k(t)$  do teste de Pettitt é dado por:

$$k(t) = \text{MAX}_{1 < t < T} |U_{t,T}| \quad (2)$$

O teste de Pettitt localiza o ponto em que ocorreu uma mudança brusca na média de uma série temporal dos focos de calor no ERJ e a sua significância pode ser calculada segundo a equação:

$$p \cong 2 \exp \left\{ \frac{-6k(t)^2}{(T^3 + T^2)} \right\} \quad (3)$$

O ponto de mudança brusca é o  $t$  onde ocorre o máximo de  $k(t)$ . Os valores críticos de  $K$  são dados por:

$$K_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)(T^2 + T^2)}{6}} \quad (4)$$

O teste de Pettitt foi elaborado na planilha eletrônica Microsoft Office Excel versão 2013 e adaptado para obter informações nas escalas anual e mensal dos focos de calor no ERJ. Baseado nos anos e meses obtidos via teste de Pettitt foram elaborados mapas de focos de calor para os meses e anos que mais se repetiram na série temporal de focos de calor no ERJ baseado na técnica de estimativa de densidade Kernel (EDK), com adoção de  $5 \text{ km}^2$ .

## 2.4. Dados de ENOS

O fenômeno ENOS é caracterizado por anomalias, positivas (El Niño) ou negativas (La Niña), na temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial, e sua caracterização é feita por meio de índices como, por exemplo, o Índice de Oscilação Sul (IOS). Os índices nomeados Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), nada mais são do que as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico Equatorial (Grimm, 2003; Lyra *et al.*, 2017). No estudo foi adotada a região Niño 3.4, bastante utilizado na literatura (Schoennagel *et al.*, 2014). As informações de ocorrência do ENOS (El Niño e La Niña) foram obtidas na base de dados do CPTEC com as respectivas categorias (forte, moderado e fraco) na Tabela 1.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Estatísticas descritiva e exploratória da série temporal dos focos de calor

O monitoramento orbital realizado no período de 18 meses de estudo contabilizou um total de 32.476 focos de calor em todo o estado do Rio de Janeiro. De acordo com a Tabela 2, os anos que apresentaram o maior registro de focos de calor foram 2014 e 2015. Nestes dois anos foi registrado o fenômeno El Niño classificado como forte, e ocorreram 41,24% do total de focos detectado em todo o estudo. Em seguida temos os anos de 2011 (que apresentou La Niña classificado como fraca), com 8,66% do total de focos e o ano de 2010 (no qual foi registrado o fenômeno La Niña classificado como forte), sendo obtidos 7,40% do total

**Tabela 1** - Anos de ocorrências de El Niño e La Niña, e suas respectivas categorias segundo o CPTEC/INPE.

El Niño		La Niña	
1877-1878	1888-1889	1986	1903-1904
1896-1897	1899	1906-1908	1909-1910
1902-1903	1905-1906	1916-1918	1924-1925
1911-1912	1913-1914	1928-1929	1938-1939
1918-1919	1923	1949-1951	1954-1956
1925-1926	1932	1964-1965	1970-1971
1939-1941	1946-1947	1973-1976	1883-1984
1951	1953	1984-1985	1988-1989
1957-1959	1963	1995-1996	1998-2001
1965-1966	1968-1970	2007-2008	2010
1972-1973	1976-1977	2011	
1977-1978	1979-1980		
1982-1983	1986-1988		
1990-1993	1994-1995		
1997-1998	2002-2003		
2004-2005	2006-2007		
2009-2010	2014		
2015-2016			

Fonte: CPTEC/INPE (2016)

El Niño: Forte, Moderado, Fraco.

La Niña: Forte, Moderado, Fraco.

de focos de calor. Os anos destacados contabilizaram 57,30% do total de focos de calor da série temporal estudada. As diferenças entre CV e DP analisados ocorreram justamente nos ciclos 2001/2002 (El Niño e La Niña moderada), 2006/2007 (El Niño fraco), 22 23 2010/2011 (El Niño e La Niña fraca) e 2014/2015 (El Niño forte). O número absoluto anual de focos de calor pode ser determinante para os elevados valores identificados nos parâmetros estatísticos tal como observado por Aximoff e Rodrigues (2011), seguidos da influência do modo de variabilidade ENOS nos respectivos ciclos. Não se descarta a evolução dos sensores orbitais (Antunes, 2000), mudanças dos saté-

lites de referência e aumento dos satélites ambientais a partir da década de 2010 (Caúla *et al.*, 2016).

Os dados dos focos de calor no ERJ apresentaram alta variabilidade temporal nas escalas mensal e anual. É evidente que ao longo do período de estudo o número de focos de calor elevou-se, sendo notório para os meses de julho a outubro. Foi observada uma aparente estabilização, com baixos números de focos de calor, entre os meses de janeiro a junho e em dezembro (Fig. 2a). O período formado pelos meses de julho a outubro apresentou os maiores registros de focos de calor do estado (Fig. 2). Resultados similares foram obtidos por Aximoff e Rodrigues (2011) no histórico de incêndios florestais no Parque Nacional de Itatiaia (PNI), seguido de Caúla *et al.* (2015) na avaliação dos focos de calor para o Brasil.

Na escala anual, os anos com os maiores números de focos de calor foram 2001, 2003 e os ciclos de 2006/2007, 2010/2011 e 2015/2016. A variabilidade interanual observada com o boxplot (Fig. 2b) revela que o número de focos de calor entre os meses vem sofrendo elevação desde 2001, sendo observados *outliers* diferentes em relação ao conjunto de dados de cada ano. A mediana de cada ano estudado sofre elevação de modo que já em 2013 seu valor é maior que o dobro em relação ao início do período de estudo.

O trimestre que representa a maior ocorrência dos focos de calor, durante cada ano analisado, corresponde ao período de transição entre o inverno e a primavera. Normalmente estas estações têm como características a ocorrência de veranicos, períodos longos de estiagens, baixa umidade do ar e atuação de uma massa de ar seco na região Sudeste (Grimm 2003; Reboita *et al.*, 2010; Brito *et al.*, 2016). A estação chuvosa na região Sudeste começa a partir do mês de outubro em anos considerados normais (Minuzzi *et al.*, 2007), o que pode explicar as grandes ocorrências de focos de calor nos meses que antecedem o início do período chuvoso, principalmente no ERJ.

A La Niña nos anos de 2010 (forte) e 2011 (fraco) influenciou o clima nacional, com alterações na temperatura do ar e no regime de chuvas no Brasil. Devido a este evento foram registradas mudanças nas regiões Centro-

**Tabela 2** - Total, frequência (%), CV (%) e desvio padrão (DP) dos focos anuais de calor no estado do Rio de Janeiro no período de 1998-2015.

Anos	Total	%	CV (%)	DP	Anos	Total	%	CV (%)	DP
1998	112	0,34	46,36	16,2	2007	1937	5,96	93,55	239,6
1999	420	1,29	116,09	67,2	2008	599	1,84	90,55	71,8
2000	142	0,44	66,73	12,5	2009	809	2,49	71,79	69,2
2001	628	1,93	84,91	70,8	2010	2404	7,40	102,00	297,1
2002	1594	4,91	125,58	280,6	2011	2812	8,66	94,38	339,8
2003	1393	4,29	79,86	143,3	2012	1527	4,70	80,76	139,9
2004	1041	3,21	99,26	140,8	2013	1336	4,11	53,51	81,3
2005	910	2,80	86,59	102,7	2014	6522	20,08	88,31	641,0
2006	1419	4,37	93,11	171,5	2015	6871	21,16	56,34	364,4

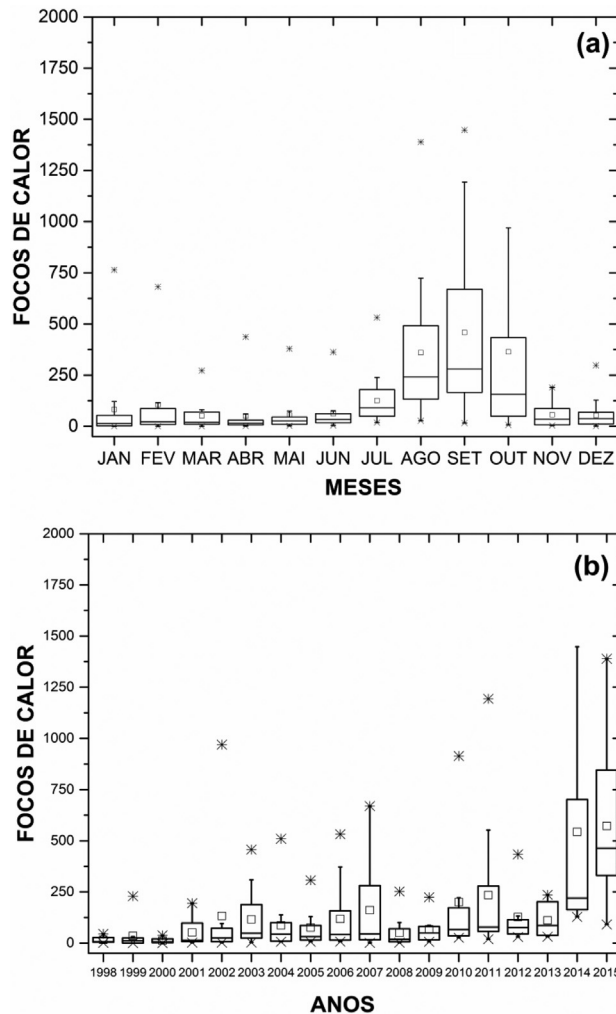


Figura 2 - Boxplot mensal (a) e anual (b) dos focos de calor no estado do Rio de Janeiro para o período de 1998 a 2015.

Oeste e Sudeste. No mês de agosto as ocorrências de chuva foram abaixo da média, acompanhada de altas temperaturas e baixos valores de umidade relativa do ar. Os meses de setembro e outubro também apresentaram chuva abaixo do normal. O ano de 2011 também foi afligido por altas temperaturas, baixos índices de umidade e chuva abaixo da média nos meses de agosto, setembro e outubro devido à La Niña (CPTEC, 2016).

Os anos de 2014 e 2015 foram influenciados pelo El Niño classificado como forte. Em 2014 o trimestre de agosto, setembro e outubro foi marcado por altas temperaturas e pela chuva abaixo da média na maior parte do Brasil, com baixo índice pluviométrico mais acentuado na região Sudeste, no mês de agosto. Em 2015, esse mesmo trimestre registrou escassez de chuva, baixa umidade do ar e temperaturas altas. Os meses de agosto e setembro foram marcados pela falta de chuva e pelos baixos valores de umidade de ar. Outubro apresentou, além dessas ocorrências, temperaturas acima 40 °C em estados como Minas Gerais, Tocantins, Goiás e Rio de Janeiro (CPTEC, 2016).

Na análise da série temporal de focos de calor verifica-se a ocorrência de uma escala bianual de aumento dos focos de calor no ERJ (Fig. 3). Ou seja, a cada 2 anos há um pico de focos de calor e uma queda significativa no próximo período. Acredita-se que essa escala bianual se deva as variações climáticas interanuais, ações antrópicas e as mudanças na detecção dos focos por meio dos satélites ambientais de forma conjunta. Para separar cada um desses seria necessário utilizar alguma ferramenta de mineração de dados, por exemplo, *Data Mining* ou *Random Forest* ou até mesmo aplicação técnicas estatísticas-matemáticas como a Análise de Componentes Principais (ACP) ou técnica de *Wavelet* (Lyra *et al.*, 2017) além de muito provavelmente um maior período de tempo de observações.

Os resultados referentes ao trimestre de agosto, setembro e outubro são favoráveis para a ocorrência dos focos em virtude da vegetação que nesta época está mais seca por causa da característica falta de chuvas. Os incêndios florestais e as queimadas no Brasil ultrapassaram o período colonial, chegando aos dias atuais e tornando-se um padrão cultural independente da região (Caúla *et al.*, 2015). A partir daí, a prática de utilizar o fogo em limpeza de pastos, preparo de plantios, desmatamentos e conversão de florestas em pastagens se tornou prática comum em todo o território nacional (Aximoff e Rodrigues, 2011; Fernandes *et al.*, 2011; Gois *et al.*, 2016).

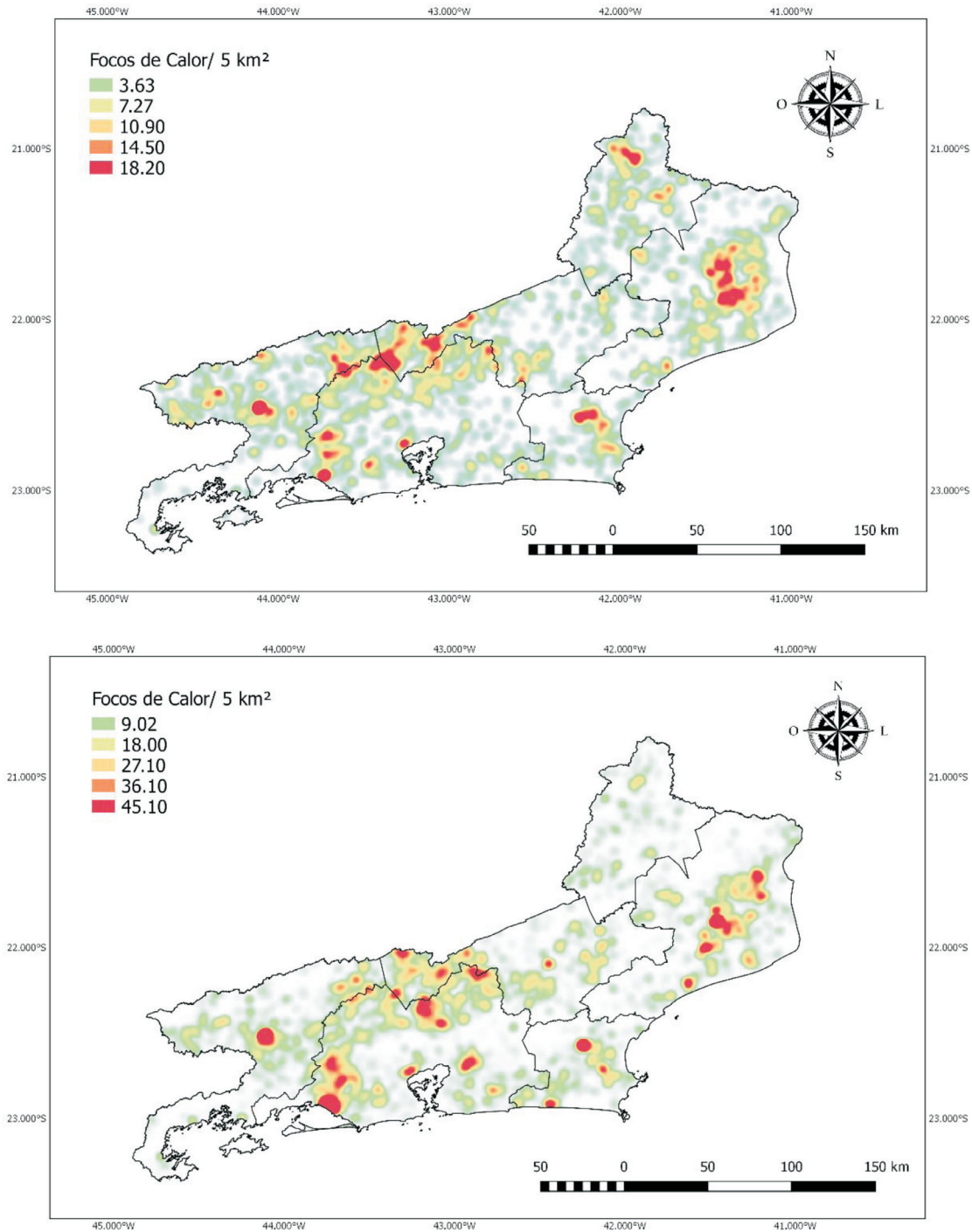
### 3.2. Teste paramétrico

A série temporal de focos de calor foi submetida ao teste de Pettitt para identificar os anos e os respectivos meses em que ocorre uma mudança significativa no número de focos de calor no ERJ. Os dados permitem observar que a elevação do número de focos de calor registrado para os meses de abril e junho foi também encontrada para outros anos (Tabela 3). Nos anos de 2010, 2011 e 2015 o mês que indicou a mudança brusca foi junho e no ano de 2014, apenas o mês outubro indicou essa mudança.

Esses meses mostraram quando os focos de calor no ERJ começaram a ter um aumento significativo. Os meses

Tabela 3 - Teste de Pettitt aplicado à série temporal de dados de focos de calor do bioma Mata Atlântica na escala mensal para o período de 1998-2015.

Anos	Meses	Anos	Meses
1998	Maio	2007	Junho
1999	Abril	2008	Junho
2000	Abril	2009	Abril
2001	Maio	2010	Junho
2002	Junho	2011	Junho
2003	Maio	2012	Junho
2004	Junho	2013	Junho
2005	Abril	2014	Outubro
2006	Abril	2015	Junho

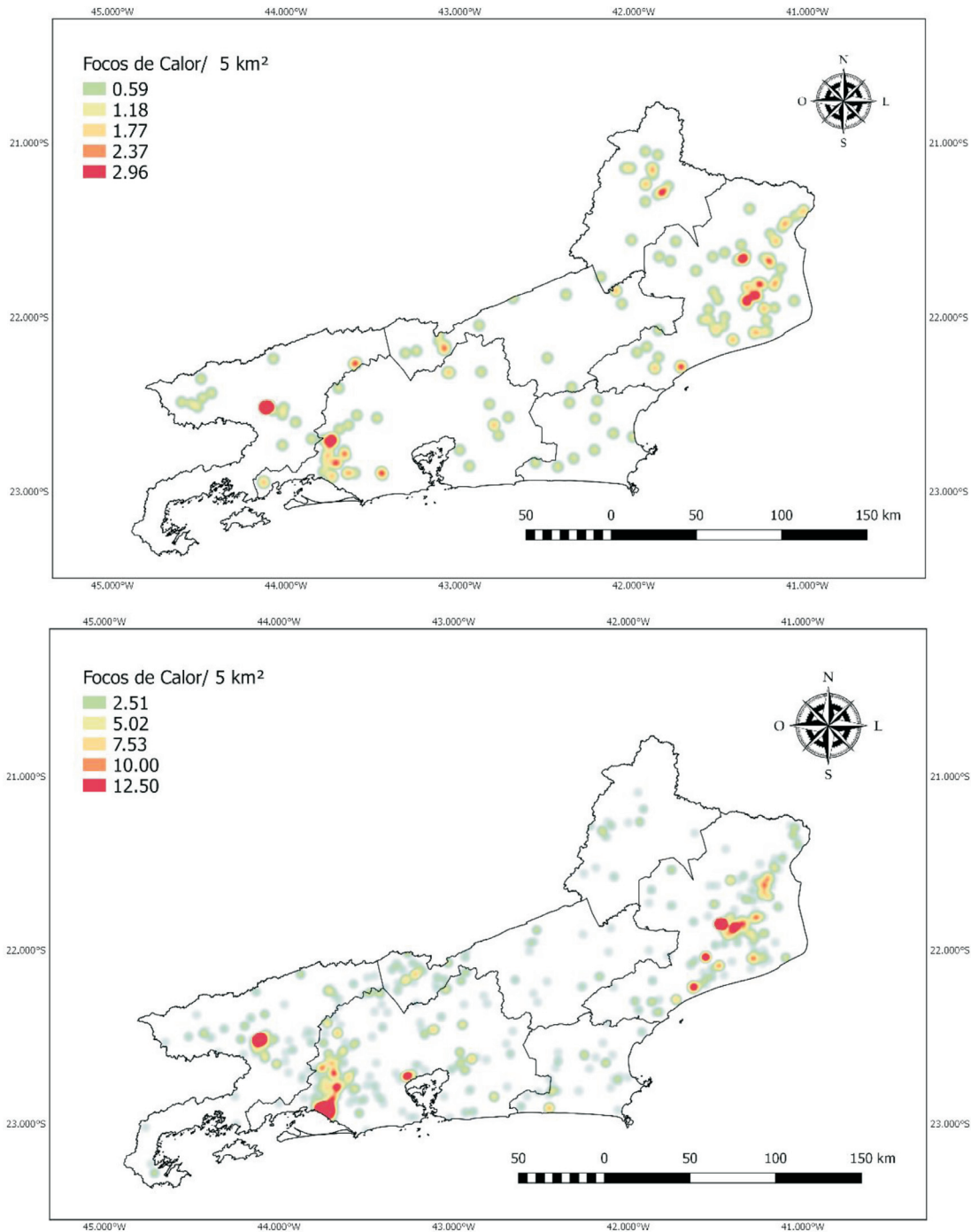


**Figura 3** - Mapas anuais de EDK dos focos de calor por unidade de área ( $5 \text{ km}^2$ ) composição dos ciclos 2010/2011 e 2014/2015 no estado do Rio de Janeiro.

de abril e junho correspondem às estações de outono e inverno, onde tem a diminuição das chuvas (Oliveira Júnior *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2016) com impacto direto nas fitofisionomias da Mata Atlântica e, conseqüentemente no aumento dos focos de calor.

O monitoramento orbital dos focos de calor registrou maior ocorrência entre os meses de abril, maio e junho, segundo o teste Pettit, em todos os 92 municípios do estado.

A variabilidade espacial dos focos de calor não é fenômeno contínuo, havendo áreas com maior concentração do que outras no estado (Fig. 3), sendo que uma região de maior extensão territorial nem sempre representa a quantidade maior de focos de calor, segundo Pereira e Silva (2016). A região que apresentou a maior quantidade de focos de calor nos anos de maior ocorrência foi a Centro-Sul Fluminense, que abrange parte do Vale do Paraíba (CEPERJ, 2016).



**Figura 4** - Mapas mensais de EDK dos focos de calor por unidade de área (5 km<sup>2</sup>) composição dos meses (abril, maio e junho) no estado do Rio de Janeiro.

A região do Médio Paraíba é a segunda região mais industrializada do ERJ, possuindo ainda entre suas principais atividades a agropecuária, sendo uma das maiores produtoras de leite do estado (Fig. 4). De acordo com Nunes *et al.* (2015), a região do Médio Paraíba por possuir vocação nas atividades agrícolas e atividades industriais (por exemplo a Companhia Siderúrgica Nacional - CSN) e a ampliação da Rodovia Presidente Dutra - BR 116, seria esperado um aumento do número dos focos de calor.

Outras características que contribuem para a elevação do número de focos de calor incluem o tipo de relevo, em virtude das suas estruturas geológicas, particularmente granitos expostos, e também pela ocupação urbana de forma desordenada (Fernandes *et al.*, 2011), pela queima de lixo, o que hoje é crime ambiental previsto pela Lei n° 9.605/1998, e resíduos e qualquer outra atividade humana que possa emitir temperaturas acima de 47 °C que são as temperaturas captadas pelos sensores orbitais dos satélites

ambientais (Caúla *et al.*, 2016). Isso mostra que além da condição climática, aliada ao desenvolvimento dos sensores orbitais nos satélites ambientais não se pode descartar as condições geo-socioeconômicas existentes no ERJ.

#### 4. Conclusões

É possível confirmar, por meio das análises estatísticas que os meses de agosto, setembro e outubro são o trimestre mais susceptível à ocorrência de focos de calor, nos remanescentes do bioma Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro e, que a ocorrência de focos de calor começa a sofrer aumento no trimestre de abril, maio e junho, de acordo com o teste de Pettitt. Os anos com os maiores números de registros de focos de calor coincidem com os ciclos de El Niño e La Niña nas categorias forte e fraco. No entanto, apesar de os resultados levarem ao entendimento que o ENOS influencia nas altas ocorrências de focos de calor no estado do Rio de Janeiro, com o aumento do clima seco e mudanças nos padrões de chuva, temperatura e umidade do ar, o presente estudo revela que é preciso uma série temporal maior de focos de calor para confirmar essa informação.

As maiores ocorrências de focos de calor do Estado são nas regiões Centro-Sul Fluminense e Médio Paraíba, sendo a região Centro-Sul Fluminense com o maior registro, de acordo com teste de Pettitt e na avaliação espacial. Com relação à isso, é preciso rever o uso e ocupação do solo em todo o Estado e investir em educação ambiental para os moradores locais.

Nossos resultados demonstram que através do acesso a uma base gratuita de dados e análises relativamente simples, é possível obter informações objetivas para a prevenção de danos causados pelas queimadas e incêndios. Com a esperada evolução dos sensores de temperatura e de algoritmos de tratamento de dados, será muito provável que possamos diferenciar de modo hábil os focos de calor que representam incêndios e queimadas daqueles que indicam, por exemplo, atividade de indústrias ou especificidades de relevo.

#### Referências

- ALMEIDA, C.T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; DELGADO, R.C.; CUBO, P.; RAMOS, M.C. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973-2013. *International Journal of Climatology*, Londres, v. 37, n. 4, p. 2013-2026, 2016.
- ANTUNES, M.A.H. Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo. *Ação Ambiental*, Viçosa, v. 12, p. 24-27, 2000.
- ARMENTERAS-PASCUALA, D.; RETANA-ALUMBREROS, J.; MOLOWNY-HORAS, R.; ROMAN-CUESTA, R.M.; GONZALEZ-ALONSO, F.; MORALES-RIVAS, M. Characterising fire spatial pattern interactions with climate and vegetation in Colombia. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdã, v. 151, n. 3, p. 279-289, 2011.
- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R.C. Histórico dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83-92, 2011.
- BRITO, T.T.; OLIVEIRA JÚNIOR J.F.; LYRA G.B.; GOIS, G.; ZERI, M. Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physics (Print)*, Viena, v. 129, n. 5, p. 469-478, 2016.
- CAÚLA, R.H.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; DELGADO, R.C.; PIMENTEL, L.C.G.; TEODORO, P.E. 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*, Reino Unido, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2016.
- CAÚLA, R.H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; DELGADO, R.C.; HEILBRON FILHO P.F.L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. *Environmental Earth Sciences*, Melbourne, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.
- CEPERJ - CENTRO DE ESTATÍSTICAS, ESTUDOS E PESQUISAS. Disponível em: [http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info\\_territorios/divis\\_regional.html](http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info_territorios/divis_regional.html), acesso em: 04 abr. 2016
- CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: [www.sigma.cptec.inpe/queimadas](http://www.sigma.cptec.inpe/queimadas), acesso em: 03 fev. 2016
- FERNANDES, M.C.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; AVELLAR, A.S. Avaliação Geocológica de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 18, n. 3, p. 299-309, 2011.
- GOIS, G.; DELGADO, R.C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; TEODORO, P.E.; SOUZA, T.C.O. EVI2 Index Trend Applied to the Vegetation of The State of Rio de Janeiro Based on Non-Parametric Tests and Markov Chain. *Bioscience Journal (Online)*, Uberaba, v. 32, n. 4, p. 1049-1058, 2016.
- GRIMM, A.M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes vs. remote influences. *Journal of Climate*, Washington, v. 16, n. 2, p. 263-280, 2003.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=33&search=rio-de-janeiro> Acesso em: 08 set. 2016.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em: <http://ibama.gov.br/prevfogo/mudancasclimaticas>, acesso em: 10 mar. 2016.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/faq.php> Acesso em: 15 mar. 2016.
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; CUNHA-ZERI, G.; ZERI, M. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. *Meteorology and Atmospheric Physics (Print)*, Viena, v. 129, n. 2, p. 1038-1048, 2017.
- MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G.C.; BARBOSA, E.M.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Climatologia do comportamento do período



- chuvoso da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.
- NUNES, M.T.O.; SOUSA, G.M.; TOMZHINSKI, G.W.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; FERNANDES, M. C. Factors Influencing on Susceptibility Forestry Fire in Itatiaia National Park. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 1, p. 54-62, 2015.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; DELGADO, R.C.; GOIS, G.; LANES, A.; DIAS, F.O.; SOUZA, J.C.; SOUZA, M. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio 9 de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 140-149, 2014.
- PEREIRA, J.A.V.; SILVA, J.B. Detecção de Focos de Calor no Estado da Paraíba: Um Estudo Sobre As Queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 5-16, 2016.
- PETTITT, A.N. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, Reino Unido, v. 28, n. 1, p.126-135, 1979.
- REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.
- SCHOENNAGEL, T.; VEBLEN, T.T.; ROMME, W.H.; SIBOLD, J.S.; COOK, E.R. ENSO and PDO Variability Affect Drought-Induced Fire Occurrence In Rocky Mountain Subalpine Forests. **Ecological Applications**, Washington, v. 15, n. 6, p. 2000-2014, 2005.
- SILVA DE SOUZA, L.; LANDAU, L.; MORAES, N.O.; PIMENTEL, L.C.G. Air quality 25 photochemical study over Amazonia Area, Brazil. **International Journal of Environment and Pollution**, Genebra, v. 48, n. 1, p. 194-202, 2012.
- SWETNAM, T.W.; ANDERSON, R.S. Fire climatology in the western United States: introduction to special issue. **International Journal of Wildland Fire**, Austrália, v. 17, n. 1, p. 1-7, 2008.
- ZERI, M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B. Spatiotemporal analysis of particularte matter, sulfur dioxide and carbon monoxide concentrations over the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, Viena, v. 113, n. 3, p. 139-152, 2011.
- ZERI, M; CARVALHO, V.S.B.; CUNHA-ZERI, G.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; FREITAS, E.D. Assessment of the variability of pollutants concentration over the metropolitan area of São Paulo, Brazil, using the wavelet transform. **Atmospheric Science Letters**, Londres, v. 17, n. 1, p. 87-95, 2016.