

## ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR MUNICIPAL E EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

André Luiz Nascentes Coelho<sup>1</sup>, Vinicius Vieira Pontini<sup>2</sup>, Thiago Borini Pimentel<sup>3</sup>, André Luís Demuner Ramos<sup>4</sup>, Andressa Padovani Gil<sup>5</sup>.

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória - ES, 29075-073, alnc.ufes@gmail.com, pontinivini@gmail.com, thiagoborinip@hotmail.com, andre\_demuner@hotmail.com, andressa.pgil@gmail.com.

### RESUMO

O objetivo do artigo foi analisar a distribuição e densidade dos focos de calor no município de Santa Teresa (ES) e a susceptibilidade a incêndios nas Unidades de Conservação presentes no território, a partir, dos dados detectados pelos sensores MODIS e AVHRR entre os anos de 2007 a 2017. Os resultados revelaram 50 registros, apresentando as maiores concentrações nos anos de 2010 com 8 e 2015 com 9 focos respectivamente, correspondendo ambos a 34% das detecções. A análise mensal revelou os maiores registros nos meses marcados por baixos índices pluviométricos e secos, entre abril a outubro, concentrando 68% ou 34 das 50 ocorrências no território enquanto a densidade dos focos concentrou-se na porção centro-noroeste do município. O emprego desta técnica apresenta uma importante contribuição para ações de controle e monitoramento possível de ser aplicada em municípios ou regiões carentes de estudos dessa natureza.

**Palavras-chave** — Geotecnologias; Sensoriamento Remoto; Estimativa Kernel; Focos de Calor; Banco de Dados de Queimadas.

### ABSTRACT

*The objective of the article was to analyze the distribution and density of heat sources in the county of Santa Teresa, state of Espírito Santo - Brazil and the susceptibility to fires in the Conservation Units present in the territory, from the data detected by the MODIS and AVHRR sensors between the years of 2007 to 2017. The results revealed 50 records, with the highest concentrations in the years 2010 with 8 and 2015 with 9 outbreaks respectively, both of which corresponded to 34% of the detections. The monthly analysis revealed the highest records in the months marked by low pluviometric and dry indexes, between April and October, concentrating 68% or 34 of the 50 occurrences in the territory while the hotspots concentrated in the center-northwest portion of the municipality. The use of this technique presents an important contribution to possible control and monitoring actions to be applied to municipalities or regions lacking such studies.*

**Key words** — *Geotechnologies; Remote Sensing; Kernel Estimation; Hotspots; Database of burned.*

### 1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são um dos principais responsáveis por danos aos ecossistemas e dependendo da sua intensidade e área de ocorrência pode provocar prejuízos expressivos ao ambiente com a supressão da flora e fauna, além de perdas materiais e humanas [1].

A ocorrência dos incêndios e queimadas materializa-se de maneira mais evidente no Brasil com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, através da substituição de remanescentes de paisagens conservadas, com a inserção de novos usos das terras, notadamente, para as áreas agrícolas e emprego de práticas não conservacionistas com a supressão da vegetação nativa pelas queimadas e incêndios [2].

Cabe destacar que os termos “Incêndio florestal” e “Queimadas” são em grande parte das vezes empregadas de maneira incerta em relação a sua origem e a seu contexto de ocorrência. Os incêndios florestais segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres [3] são considerados um desastre natural climatológico, pois genericamente estão associados ao ambiente florestal, como é o caso de incêndio em ambientes de cerrado que apresentam uma maior frequência e intensidade nos períodos de estiagem. Os incêndios podem também ser de natureza acidental, indesejados e de difícil controle [1]. As queimadas, por sua vez, são consideradas práticas tradicionais controladas e estão associadas à cultura indígena, como também na agricultura, destinada principalmente à limpeza de parcelas para combater pragas e cultivo de plantações ou na formação de pastos [1]. Neste artigo estes termos serão tratados de maneira conjugada no sentido de desenvolver uma cartografia das áreas mais susceptíveis a ocorrência de queimadas e incêndios.

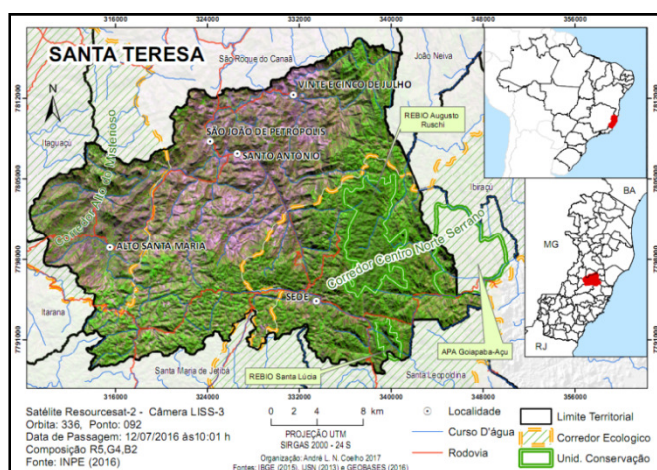
Sustentado nesses conceitos e fatos, torna-se importante compreender a variação espacial e sazonal da ocorrência dos incêndios em um recorte espacial, a exemplo de um município, através da cartografia/mapeamento com o propósito de estabelecer ações de monitoramento, controle, combate, resiliência/recuperação de paisagens, incluindo também, orientações de prática de queimadas controladas, evitando a causa de incêndios.

Existem diversos métodos de monitoramento que variam de acordo com as características do local/território, estrutura/logística, extensão da área monitorada através de postos de vigilância terrestres e/ou torres de observação, pelo patrulhamento por veículos, sobrevôo de avião/helicópteros e do uso de drones/vants, ações estas que são pontuais e de elevados custos econômicos, sobretudo, para órgãos públicos como prefeituras/governos. O uso das ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) integrado com produtos acessíveis e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) são, na atualidade, uma alternativa eficiente, de baixo custo que possibilita desenvolver a cartografia de áreas mais susceptíveis a ocorrência de incêndios, propiciando uma ampla visão sobre a distribuição temporal e espacial das queimadas em diferentes escalas, permitindo analisar as interações do fogo relacionado com fatores culturais e socioambientais.

Nessa linha de discussão o objetivo principal é analisar a distribuição dos focos de calor no município de Santa Teresa – ES e a susceptibilidade à incêndios nas Unidades de Conservação presentes no território, a partir, dos dados detectados pelos sensores MODIS e AVHRR entre os anos de 2007 a 2017.

### 1.1. Área de Estudos

O município de Santa Teresa-ES (Figura 1), objeto deste estudo, situa-se na Microrregião Central Serrana com sua sede distante 83,4 km da Capital Vitória. Conta com uma área de 683,11 km<sup>2</sup> e cerca de 23.392 habitantes, de acordo com a estimativa populacional publicada em 2018 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [4].



**Figura 1 – Imagem satélite Resourcesat-2 fusionada com o Modelo Digital de Elevação (MDE) destacando o Município, os Corredores Ecológicos e as Unidades de Conservação.**

A paisagem do município é marcada por uma topografia acidentada de estruturas fraturadas constituídas por afloramentos rochosos composto por três principais unidades geomorfológicas: Patamares Escalonados do Sul

Capixaba abrangendo 74,3%, Maciços do Caparaó com 24,5 % e o Modelado de Acumulação Fluvial compreendendo 1,1 % [5].

Mais de 40% do território é coberto por remanescentes de Mata Atlântica, presente sobretudo, a leste e ao sul do município em que estão situadas as Unidades de Conservação - UCs como a Reserva Biológica Augusto Ruschi (3.604 ha), Reserva Biológica de Santa Lúcia (468 ha) e parte da APA Goiapaba-Açu (3.525 ha), UCs que compõem um dos principais Corredores Ecológicos do Estado do Espírito Santo (Figura 1), o corredor Centro Norte Serrano que conta com a maior concentração de cobertura florestal conservada do Estado, áreas potenciais de conexão a outras UC's e vocação para implantação de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN. O oeste do município também é cortado por outro importante corredor ecológico, o Ato do Misterioso abrangendo a parte sudoeste do vale do Canaã [6].

A sede municipal está localizada em um vale na porção sudeste do território com a ocorrência de construções em encostas íngremes e junto aos cursos d'água destituídos de vegetação ciliar. Em relação à precipitação, os meses de novembro a março correspondem aos mais chuvosos, enquanto junho a outubro são marcados por estiagens, havendo destaque para os meses de agosto e setembro os mais secos. As médias de temperaturas mínimas, na maior parte do município, variam entre 9,4°C a 11,8°C enquanto as médias máximas estão entre 27,8°C a 30,7°C [7].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O encaminhamento metodológico da pesquisa abrangeu o referencial bibliográfico sobre o assunto. Em outra etapa, foram adquiridos os Planos de Informações gratuitos conforme Tabela 1.

**Tabela 1 – Planos de Informações Utilizados**

DADO	ORIGEM	ANO	ESCALA/ RESOLUÇÃO
Limite Estadual	IBGE [8].	2015	1:100.000
Município	IJSN [9]	2013	1:1.000
Unidade de Conservação	IJSN [9]	2013	1:1.000
Corredor Ecológico	IJSN [9]	2013	1:1.000
Estradas	IJSN [9]	2013	1:100.000
Área Urbana	IJSN [9]	2013	1:100.000

A base de dados vetoriais e matriciais (Tabela 1), assim como o seu processamento foram realizados através do aplicativo computacional Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 10.5, empregando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS-2000 – Zona/Fuso 24 Sul, com o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo proposta de Menezes e Fernandes [10].

Utilizou-se para elaboração do mapa os registros de focos de calor detectados entre 1/1/2007 e 31/12/2017, reprocessados e disponibilizados em jun/2018 no Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [11].

Os satélites de referência, segundo o INPE [11], utilizados na detecção de pequenas queimadas e/ou incêndios foram o AQUA\_M-T que possui o sensor MODIS - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* e o satélite NOAA-15 com o sensor AVHRR - *Advanced Very High Resolution Radiometer*. Ambos são de órbita polar e utilizam em um dos canais/bandas, o infravermelho termal para detecção frentes de fogo em uma área com cerca de 30 metros de extensão por 1 metro de largura, ou de maior região queimada.

Após a obtenção dos dados de cada ano foi realizada a junção em um único banco de dados geográficos e o filtro para os dois satélites utilizados AQUA MT e o NOAA-15, seguido da elaboração do mapa e tabelas.

Na sequência foi estimada a densidade Kernel dos focos, utilizando-se de procedimentos estatísticos, fornecendo uma visão geral da distribuição espacial e regiões críticas da área de estudo que foram reclassificados em 5 classes de susceptibilidades: 1) muito baixa, 2) baixa, 3) média, 4) alta, e 5) muito alta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 expõe o número de ocorrências anual dos 50 registros de focos de calor detectadas pelos sensores MODIS e AVHRR, entre os anos de 2007 a 2017 no município de Santa Teresa (ES), apresentando uma relativa distribuição entre 2007 a 2013, com exceção no ano de 2010, e uma queda nos anos de 2014, 2016 e 2017. Já as maiores concentrações destes focos no período, foram os anos de 2010 com 8 registros e 2015 com 9 registros, correspondendo ambos, a 34% dos focos.

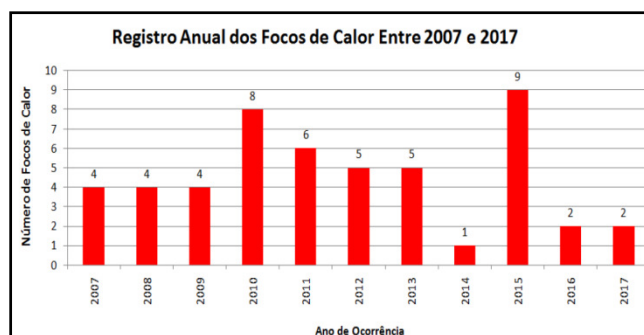


Figura 2 – Distribuição anual dos 50 focos de calor detectados no município de Santa Teresa – ES entre 2007 a 2017 pelos Satélites NOAA-15 e Aqua\_M-T e o destaque para os anos de 2010 e 2015 com as maiores ocorrências.

Já a análise mensal dos focos de queimadas e/ou incêndios no recorte temporal de 2007 e 2017 (Figura 3) revela que os maiores registros estão concentrados nos

meses marcados por baixos índices pluviométricos e secos, entre abril a outubro, concentrando 68% ou 34 das 50 ocorrências no território, sobretudo, nos períodos de maior estiagem (junho a outubro).

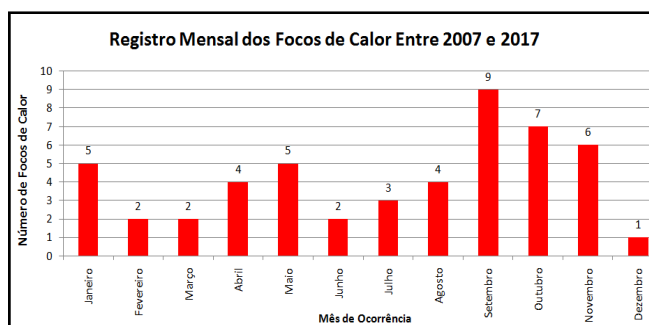


Figura 3 – Distribuição mensal dos 50 focos de calor entre 2007 a 2017

A Figura 4 mostra, em vermelho, a distribuição espacial da nuvem de pontos dos 50 registros de focos de calor (queimadas e/ou incêndios) detectados pelos sensores MODIS e AVHRR no período de 10 anos no município, base para a elaboração do mapa de densidade kernel.

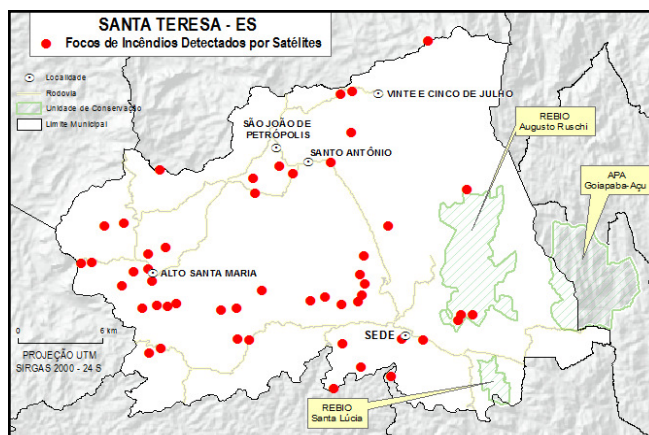


Figura 4 – Localização dos 50 focos de calor detectados por satélites em Santa Teresa – ES.

Figura 5 apresenta o mapa pontos quentes “hotspots” de focos incêndios/queimadas de Santa Teresa (ES), a partir das 50 ocorrências detectadas pelos satélites AQUA\_M-T e NOAA-15 entre 2007 e 2017, classificados nas seguintes classes respectivamente: Muito Baixa (bege), Baixa (amarelo), Médio (laranja) Alto (vermelho) e Muito Alto (vermelho escuro).

O produto revelou que as densidades de calor Alta e Muito Alta estão concentradas nos setores Centro-Suldoeste do território a Oeste da sede municipal em direção as localidades de Alto Santa Maria, em Santo Antônio e Vinte e Cinco de Julho, abrangendo 5,9% do município (40,5 km<sup>2</sup>), enquanto a Baixa e muito Baixa apresentaram o maior percentual com 83,4% cobrindo uma área de 569,7 km<sup>2</sup> (Tabela 2), mais concentrada no setor nordeste.



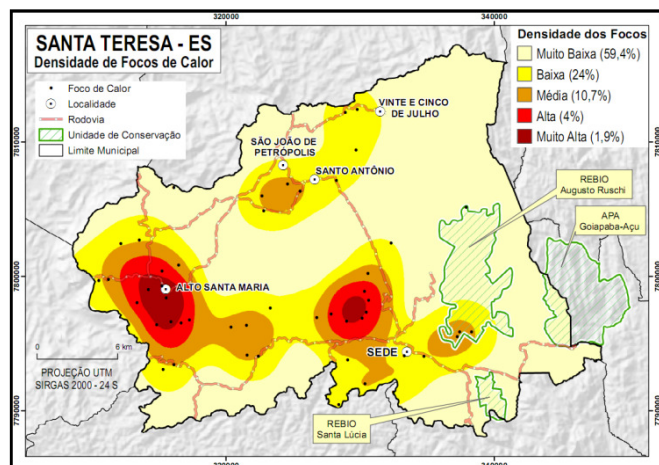


Figura 5 – Densidade de focos de calor detectados por satélites em Santa Teresa - ES

Os focos detectados nas unidades de conservação e adjacências foram baixos, abrangendo 4 registros, todos localizados na Rebio Augusto Ruschi (Figura 5).

Tabela 2 – ÁREAS E PERCENTUAIS DE OCORRÊNCIA FOCOS DE CALOR

DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	PERCENTUAL (%)
Muito Baixo	405,6	59,4
Baixo	164,1	24,0
Médio	72,9	10,7
Alto	27,7	4,0
Muito Alto	12,8	1,9
TOTAL	683,11	100

#### 4. CONCLUSÕES

O emprego desta metodologia associada ao uso das geotecnologias se mostrou eficiente oferecendo um produto adicional no qual podem extrair novas informações de locais mais susceptíveis a desastres dessa natureza..

Outro aspecto relevante da cartografia proposta, em comparação com as detecções pelos satélites, é que a análise não fica restrita somente aos pontos como na Figura 4. O mapa de densidade (Figura 5) possibilita uma avaliação mais ampla, de todo o território, contribuindo para diversas diretrizes de planejamento e gestão territorial, na ampliação dos inventários de riscos, ao apontar outros locais com alta susceptibilidade, resultando no aumento da eficiência técnica e econômica dos trabalhos de controle e fiscalização.

O produto também pode contribuir para a revisão/elaboração de projetos como o Plano Diretor para Redução de Riscos, além de proporcionar, subsídios para análises espaciais, estatísticas e temporais dessas ocorrências e para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas.

Enfim, esta proposta de mapeamento de focos de calor e densidades revelou a importância do modelo, para atividades preventivas, susceptibilidade à incêndios em Unidades de Conservação e planejamento, possível de ser aplicada em regiões carentes de estudos de dessa natureza, pois a mesma considerou as ocorrências o território.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Kazmierczak, M. L. Sensoriamento Remoto para Incêndios Florestais. In: SAUSEN, T. S. e LACRUZ, M. S. P. (Orgs) Sensoriamento Remoto para Desastres, Oficina de textos, São Paulo, 2015, pp. 174-211.
- [2] Ross, J. Paisagem, Configuração Territorial e Espaço Total In: Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo. Ed. Of. Textos, 2009. PP 47 – 61.
- [3] Cobrade - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (2012). [Acesso em 04/01/2018]. <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960)>.
- [4] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros ano 2018. [Acesso em 22/09/2018]. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>.
- [5] Coelho, A. L. N.; Goulart, A. C. O.; Bergamaschi, R. B. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo. XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia: Maringá Anais. SINAGEO, 2012.
- [6] IPEMA - Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica. Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: cobertura florestal e Unidades de Conservação. IPEMA, Vitória-ES. 2005.
- [7] INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (2017) Caracterização Climática do Município de Santa Teresa (ES) [Acesso em 02/01/2017]. <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=carac>>.
- [8] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas Interativos do IBGE (2015): Base de Dados Geográficos. [Acesso em 04/02/2018]. Disponível em <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/>>. 2015.
- [9] IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento (2013) Base de Dados Geográficos [Acesso em 22/09/2016]. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/>>.
- [10] Menezes, P. L.; Fernandes, M. C. *Roteiro de Cartografia*. Oficina de Textos, São Paulo/SP, 288p. 2013.
- [11] INPE - Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2018) Focos de Queimadas [Acesso em 16/07/2018]. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal>>.