

## Uso do fogo em Sergipe e sua dinâmica espacial e temporal entre os anos de 2008 e 2015

Daniel Brondani Ilha<sup>1</sup>  
André Beal Galina<sup>2</sup>  
Mariana Alves Pagotto<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama  
Av. Dr. Carlos Rodrigues da Cruz, 1548 - Capucho - 49080-903- Aracaju - SE, Brasil

<sup>1</sup>daniel.ilha@ibama.gov.br  
<sup>2</sup>andre.galina@ibama.gov.br

<sup>3</sup>Laboratório de Botânica: anatomia vegetal e dendrocronologia  
Universidade Federal de Sergipe – UFS  
Av. Marechal Rondon, s/n - Rosa Elze - 49100-000 - São Cristóvão, SE, Brasil  
maripagotto07@gmail.com

**Abstract.** In Brazil the hotspots are monitored by INPE through remote sensing. Indicative hotspots detected by optical sensors, which operate in the band thermal average of 4µm are daily produced. The use of fire is widely spread in rural areas throughout the Brazilian territory. In Sergipe state, the use of fire is associated to the harvest of sugar cane. The aim of this study was to analyze the spatial and temporal distribution of hotspots in diverse types of vegetation cover and land use in the Sergipe state, in order to understand the dynamics of fire use between 2008 and 2015. The data were collected by the platform AQUA UMD Tarde, which has been employed in recent years as reference satellite for monitoring burned areas. The results showed that the period with lower rainfall is more susceptible to burning, and that were registered more hotspots in the Atlantic Forest biome than Caatinga biome. In addition, the use of fire in Sergipe state is associated with livestock farming, once more than 73% of hotspots occurs on areas occupied by pastures, while 7% are related with the culture of sugar cane.

Palavras-chave: *burned area, land use, remote sensing, áreas queimadas, uso da terra, sensoriamento remoto.*

### 1. Introdução

O uso do fogo faz parte do cotidiano do meio rural brasileiro, sendo que seu uso geralmente está associado à formação e ao manejo de pastagens, bem como ao preparo do solo para a agricultura. Em alguns estados do Brasil, como em Sergipe, o uso do fogo também está relacionado à colheita da cana-de-açúcar.

O monitoramento do uso do fogo se constitui em importante ferramenta de gestão e avaliação ambiental. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza a detecção de queimadas através da identificação de focos de calor por imagens geradas por sensores óticos. Tais sensores são capazes de captar a radiação eletromagnética na faixa termal-média de 4µm. As imagens mais utilizadas para detecção de focos de calor têm sido captadas pelos satélites geoestacionários GOES-12, GOES-13 e MSG-2 e principalmente pelos satélites polares NOAA-15, NOAA-16, NOAA-18 e NOAA-19 equipados com sensor AVHRR, e pelo sensor MODIS que equipa os satélites polares da série TERRA e AQUA (INPE, 2016).

A partir de meados de 2007 a plataforma AQUA UMD Tarde tornou-se referência para a detecção de focos de calor no Brasil. A adoção de um sistema de referência estabelece um procedimento padrão para o registro dos focos de calor por utilizar um único método de imageamento com a mesma resolução temporal, permitindo a geração de séries temporais o que possibilita analisar a dinâmica e as tendências de distribuição espacial dos focos de calor (INPE, 2016).

Desta forma, o objetivo deste estudo consiste em analisar a distribuição espacial e temporal dos focos de calor no estado de Sergipe, nas mais diversas tipologias de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, entre os anos de 2008 a 2015. As informações geradas são importantes para compreender a dinâmica e as tendências do uso do fogo em Sergipe, buscando dimensionar a relação destes com os diferentes tipos de uso e cobertura do solo.

## 2. Metodologia de trabalho

O estudo foi realizado no Estado de Sergipe, que possui uma área de 21.918,4 Km<sup>2</sup>, divididos em 75 municípios, distribuídos em oito territórios de planejamento: contemplando as regiões Grande Aracaju, Baixo São Francisco, Leste Sergipano, Sul Sergipano, Alto Sertão Sergipano, Médio Sertão Sergipano, Agreste Central Sergipano e Centro Sul Sergipano (SEPLAG, 2007).

Foram utilizados os dados de focos de calor captados entre os anos de 2008 e 2015, disponibilizados pelo INPE através do Banco de Dados de Queimadas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), disponível no endereço eletrônico <<http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Os dados foram obtidos em formato vetorial, extensão *shapefile*, com geometria de pontos e são originários do processamento diário de imagens termais captadas pelo sensor MODIS do satélite AQUA UMD Tarde.

Foi efetuado o *download* dos limites dos biomas brasileiros do estado de Sergipe e de seus municípios, em formato *shapefile*, no sítio do IBGE disponível no endereço eletrônico <<http://downloads.ibge.gov.br/>>, enquanto que os arquivos vetoriais contendo a representação espacial dos territórios de Sergipe foram obtidos no Atlas Digital sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH, 2014).

Em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) foi possível aferir a distribuição espacial dos focos de calor ao longo dos anos de 2008 e 2015 e estabelecer uma conexão entre o uso e cobertura do solo de Sergipe com as áreas com maior concentração de focos de calor. Para tanto, foram utilizados os dados gerados pelo IBGE entre os anos de 2009 a 2011, resultantes do mapeamento da Cobertura e Uso da Terra, em escala 1:300.000, disponível no endereço eletrônico <<http://downloads.ibge.gov.br/>>.

Para a modelagem do padrão de distribuição do conjunto de focos de calor foi utilizado o estimador de densidade *Kernel*, sendo fixado em 30 metros o tamanho do pixel de saída do *raster* e em 1 km o raio do círculo de busca. Em seguida, o *raster* resultante foi reclassificado através do método de classificação *Natural Breaks* em cinco classes de densidade a fim de viabilizar a identificação das regiões com maior concentração de focos de calor.

## 3. Resultados e Discussão

De acordo com o mapeamento da Cobertura e Uso da Terra de Sergipe realizado pelo IBGE entre 2009 e 2011, às pastagens ocupavam 66% da área do Estado, seguido das culturas permanentes, a vegetação natural e as culturas temporárias, que ocupavam na época, 12%, 8% e 12% da área total de Sergipe, respectivamente (Figura 1).

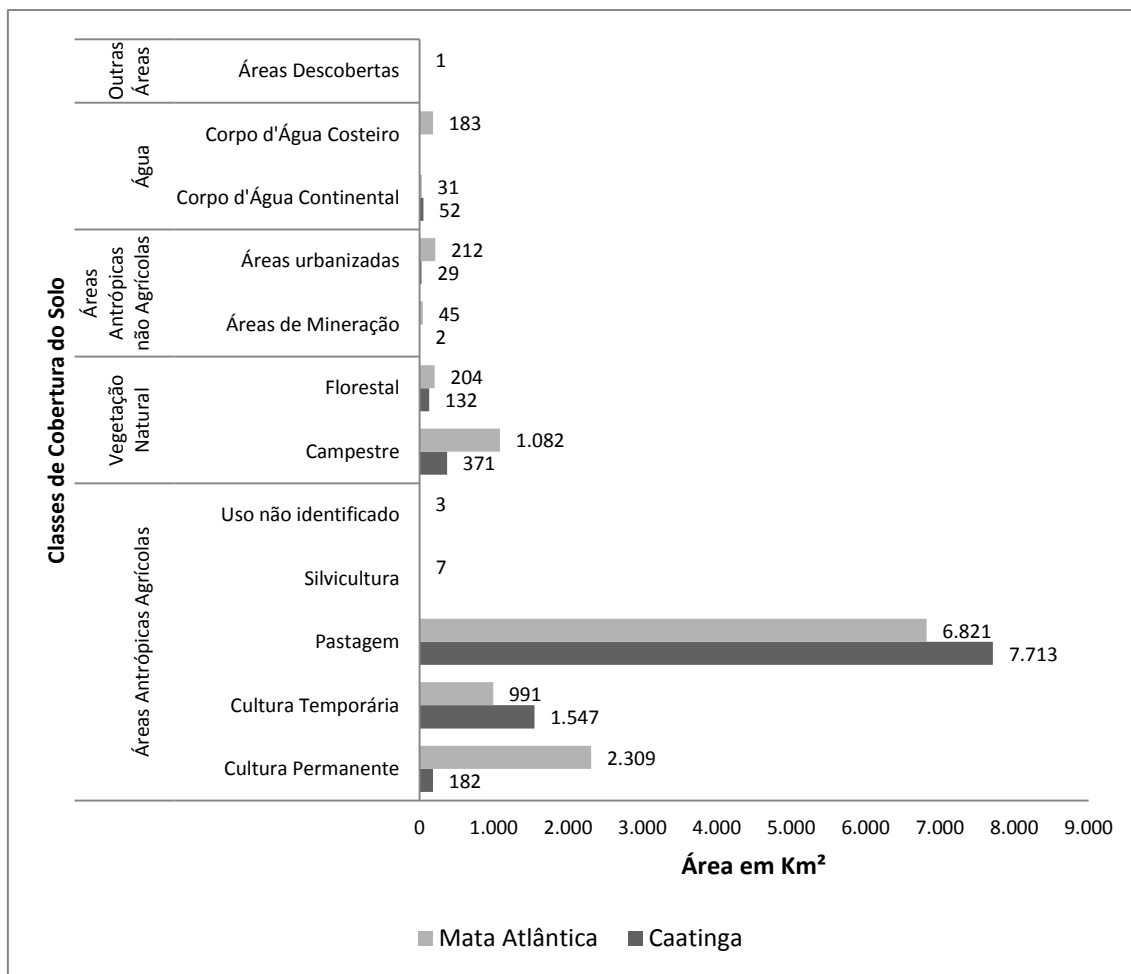


Figura 1 – Cobertura do Solo de Sergipe entre os anos de 2009 e 2011 (Fonte: IBGE, 2016).

A pecuária, atividade amplamente difundida em Sergipe, com maior ênfase nos territórios Agreste Central, Alto Sertão e Centro Sul Sergipano, onde estão concentrados os maiores rebanhos bovinos (Figura 2). O mesmo não ocorre para as culturas permanentes, que tradicionalmente são cultivadas apenas no bioma Mata Atlântica. A citricultura e o cultivo do coco-da-baía, por exemplo, respondem por mais de 90% da área ocupada por lavouras permanentes em Sergipe (IBGE, 2016).

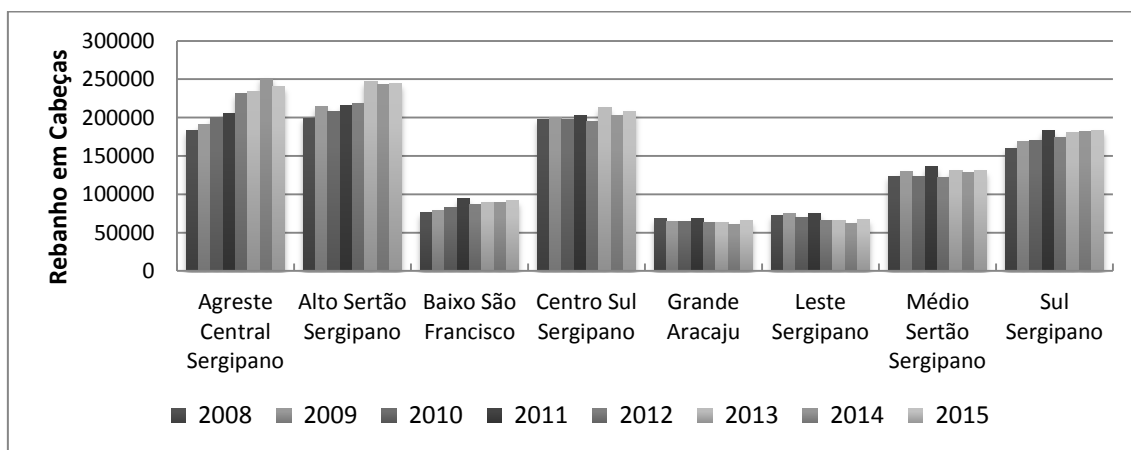


Figura 2 – Distribuição do rebanho bovino em Sergipe, entre os anos de 2008 e 2015 (Fonte: IBGE, 2016).

As culturas temporárias ocupam maiores áreas do bioma Caatinga, onde são cultivados o milho, a mandioca e o feijão. Estas culturas juntamente com a cana-de-açúcar, que tradicionalmente é cultivada no bioma Mata Atlântica, responderam nos últimos anos por mais de 95% da área ocupada por lavouras temporárias em Sergipe. Em 2015, o milho ocupou 175.135 hectares, enquanto que a cana-de-açúcar, mandioca e feijão ocuparam respectivamente, 57.258 hectares, 25.305 hectares e 14.913 hectares (IBGE, 2016).

Dos 75 municípios de Sergipe, 22 produziram cana-de-açúcar em 2015 (IBGE, 2016). A produção da cana-de-açúcar é concentrada nos territórios Grande Aracaju, Leste Sergipano e Baixo São Francisco, que se encontram inseridos integralmente no bioma Mata Atlântica. Ressalta-se que entre os anos de 2008 e 2015, mais 90% da área ocupada com cana-de-açúcar foi cultivada nestes territórios (Figura 3).

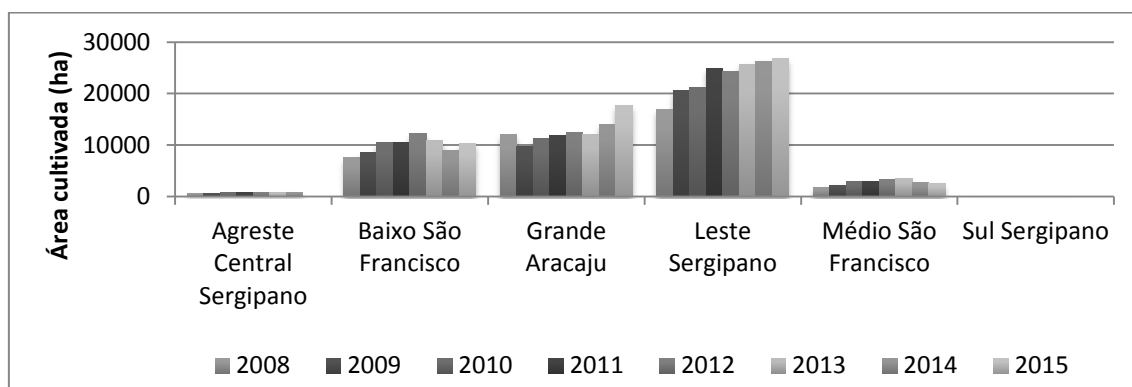


Figura 3 – Área cultivada com cana-de-açúcar nos territórios sergipanos entre os anos de 2008 e 2015 (Fonte: IBGE, 2016).

Os maiores produtores de cana-de-açúcar em Sergipe são os municípios de Capela e Japarutuba, ambos localizados no território Leste Sergipano, além do município de Laranjeiras, pertencente ao território Grande Aracaju (Figura 4). Em 2015, tais cidades foram responsáveis por 47% da área plantada com cana-de-açúcar em Sergipe (IBGE, 2016).

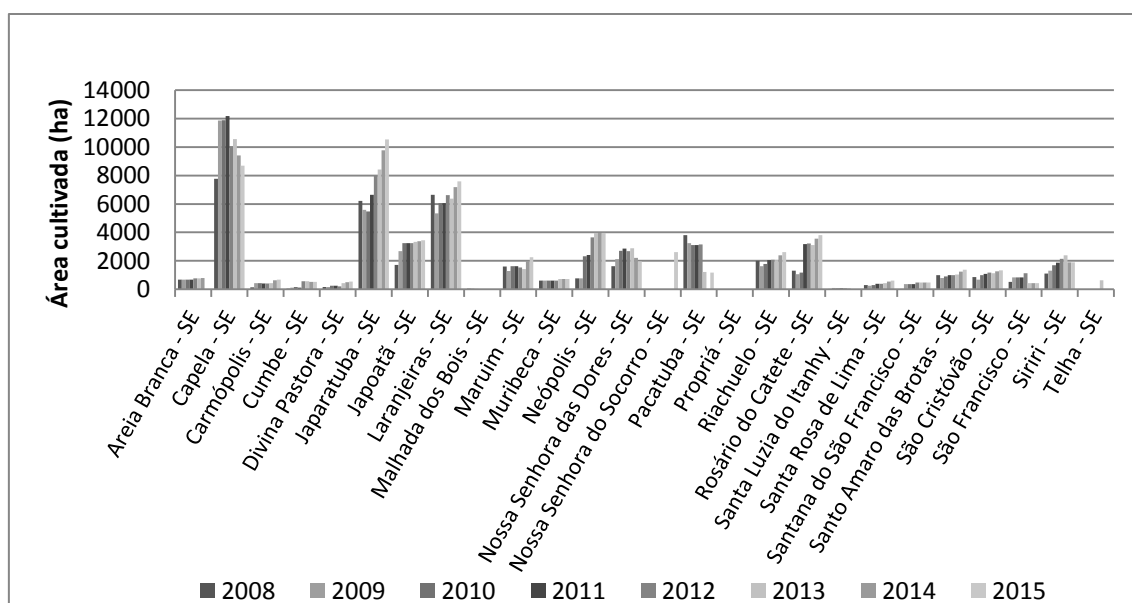


Figura 4 – Principais municípios produtores de cana-de-açúcar em Sergipe, entre os anos de 2008 e 2015 (Fonte: IBGE, 2016).

Foram detectados pela plataforma AQUA Tarde 1.584 focos de calor em Sergipe, entre os anos de 2008 a 2015. Observou-se maior incidência de focos de calor no bioma Mata Atlântica, com 954 ocorrências, enquanto que no bioma Caatinga foram registrados 630 focos de calor, o que corresponde a 60% e 40% do total registrado, respectivamente (Figura 5).

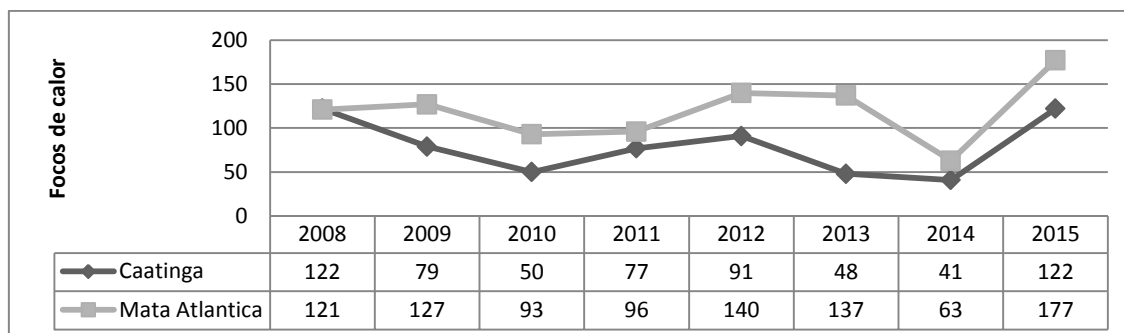


Figura 5 – Distribuição anual dos focos de calor detectados pela plataforma AQUA Tarde em Sergipe, no período de 2008 a 2015.

A distribuição de focos de calor ao longo do ano é maior entre os meses de novembro a abril, em ambos os biomas, sendo ainda mais intensa entre os meses de janeiro e março, quando os índices de precipitação pluviométrica são menores (Figura 6). Da mesma forma, Jesus e Gama (2014) constataram que os focos de calor são detectados com maior intensidade nos períodos de seca em comparação aos meses chuvosos, mas ressaltam que esta condição não está apenas relacionada à variação nos índices pluviométricos e de umidade, mas também ao ciclo das culturas que se utilizam das queimadas como forma de manejo, como é o caso do cultivo da cana-de-açúcar, que tem sua colheita concentrada entre os meses de setembro e abril (Xavier Filho, 2012).

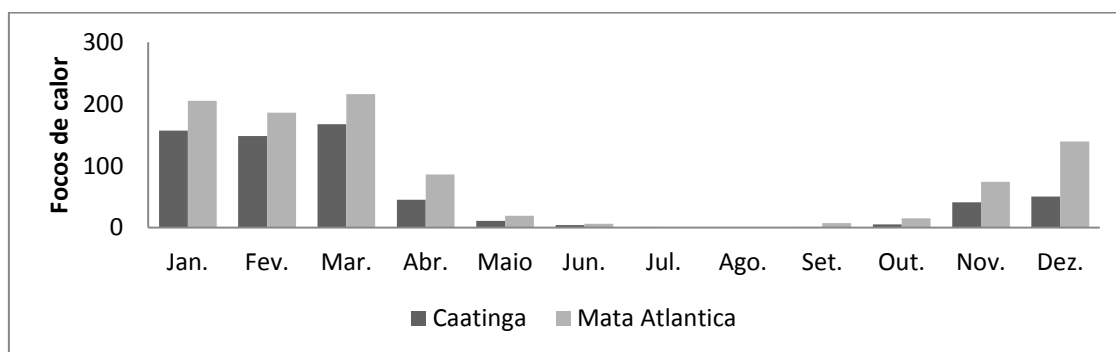


Figura 6 – Distribuição mensal dos focos de calor detectados pela plataforma AQUA Tarde em Sergipe, no período de 2008 a 2015.

A maior densidade de focos de calor foi detectada no território Centro Sul Sergipano, onde estão inseridos os dois municípios com maior incidência de focos de calor: Tobias Barreto e Lagarto, com 135 e 93 focos de calor, respectivamente (Figura 7). Ressalta-se que estes municípios concentram os dois maiores rebanhos bovinos do Estado, respectivamente 56.294 e 66.739 cabeças. Os municípios de Gararu, Itaporanga D'Ajuda, Porto da Folha, Estância, Riachão dos Dantas e Simão Dias, detinham em 2015 rebanhos bovinos superiores a 30.000 cabeças (IBGE, 2016).

Os resultados apresentados acima são corroborados através do estimador de densidade de Kernel (Figura 8), tendo em vista que as maiores concentrações, acima de 0,23 focos de calor por Km<sup>2</sup>, foram encontradas no território Centro Sul Sergipano,

entre os municípios de Tobias Barreto, Lagarto e Riachão dos Dantas, locais onde estão concentrados os maiores rebanhos bovinos em Sergipe.

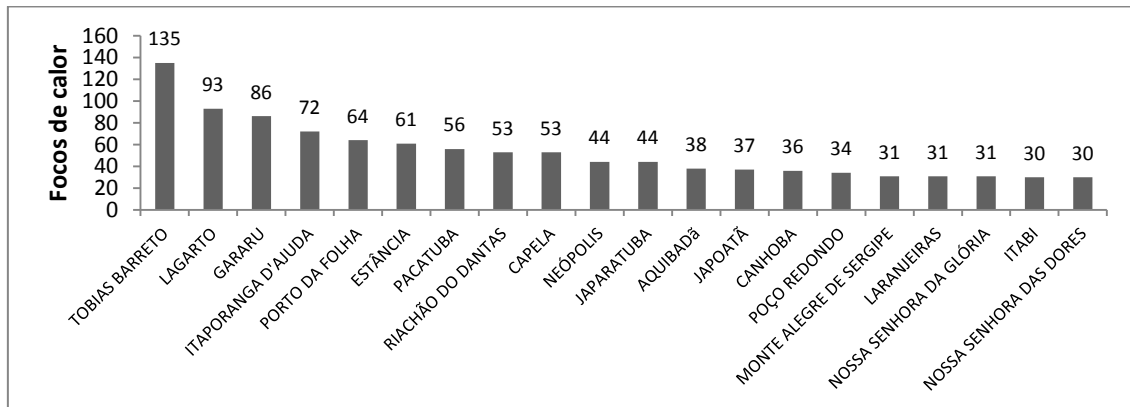


Figura 7 – Municípios de Sergipe com maior incidência de focos de calor detectados pela plataforma AQUA Tarde, no período de 2008 a 2015.

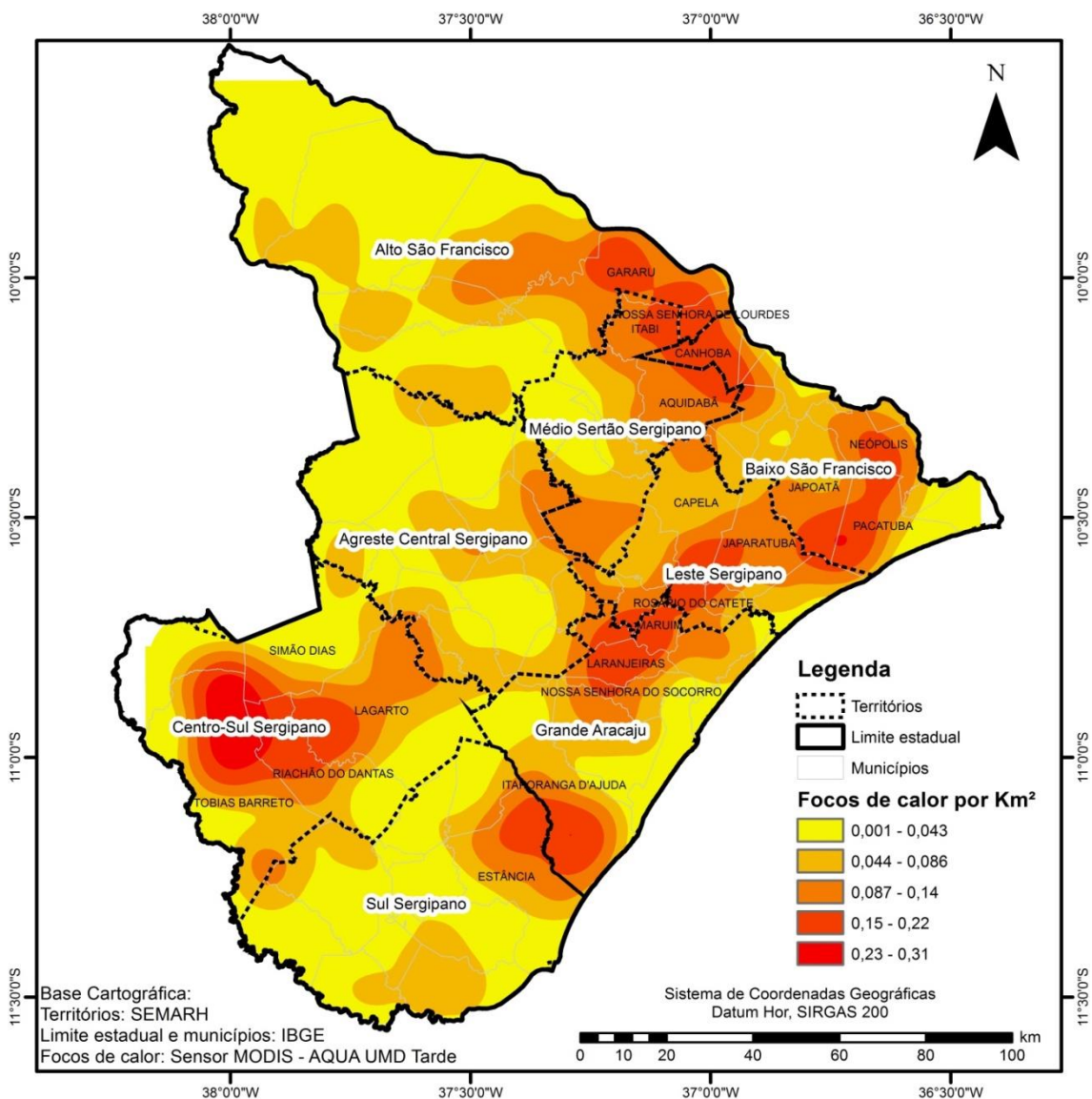


Figura 8 – Concentração de focos de calor detectados pela plataforma AQUA UMD Tarde, conforme estimador de densidade de Kernel, entre os anos de 2008 a 2015.

Nos municípios de Laranjeiras, Maruim, Rosário do Catete, Capela, Japarutuba, Japoatã, Pacatuba e Neópolis, locais onde historicamente há o cultivo da cana-de-açúcar, foram encontradas concentrações de focos de calor acima de 0,087 por Km<sup>2</sup>. Na divisa entre os municípios de Estância e Itaporanga D’Ajuda também foram registradas concentrações acima de 0,15 por Km<sup>2</sup>, bem como nos municípios de Gararu, Itabi, Canhoba e Nossa Senhora de Lourdes, municípios que desenvolvem tradicionalmente a pecuária extensiva (IBGE, 2016).

Com base no mapeamento da Cobertura do Solo realizado pelo IBGE entre os anos 2009 a 2011, observa-se que dos 1.584 focos de calor detectados em Sergipe entre 2008 e 2015, 73%, o que equivale a 1.150 focos de calor, ocorreram em áreas de pastagens, seguido pelo uso do fogo: em culturas temporárias 12% (189), em culturas permanentes 8% (120); em vegetação natural (campestre e florestal) 7%, o que equivale a 115 focos de calor (Figura 9).

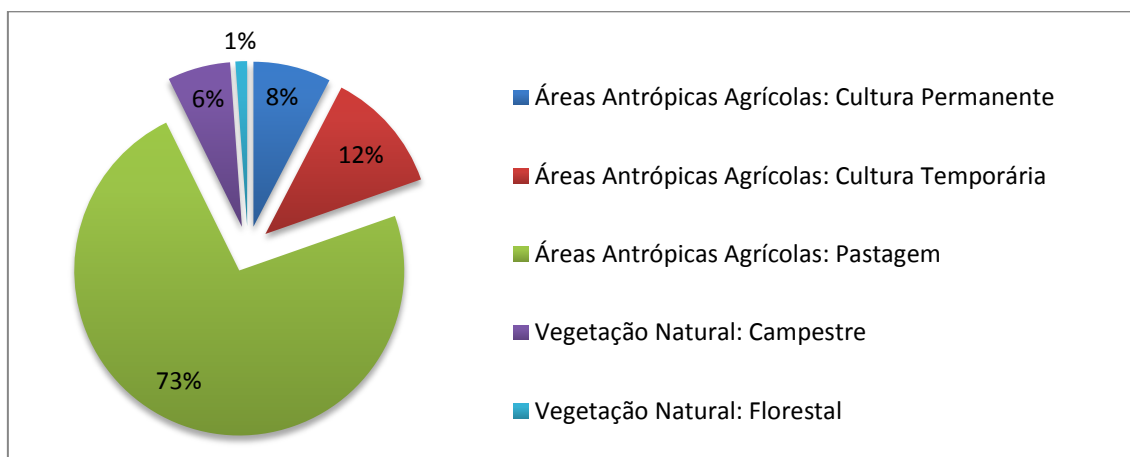


Figura 9 – Número de focos de calor detectados pela plataforma AQUA UMD Tarde, em Sergipe, no período de 2008 a 2015, conforme mapeamento da Cobertura do Solo, realizado pelo IBGE entre os anos 2009 a 2011.

Os dados revelam que o fogo está sendo utilizado possivelmente para a renovação das pastagens e/ou até mesmo para a expansão da pecuária extensiva em Sergipe, por meio da conversão de áreas vegetadas naturalmente em pastagem. Fontenele et al. (2011) identificaram correlação entre a ocorrência de focos de calor e o desmatamento na Caatinga.

Nas culturas temporárias o uso do fogo apresenta estreita relação com o cultivo da cana-de-açúcar, uma vez que 112 focos de calor foram detectados em áreas ocupadas ou associadas a esta cultura, sendo que apenas três ocorreram na Caatinga.

Em relação aos 120 focos de calor registrados em áreas ocupadas por culturas permanentes, 113 incidem sobre o bioma Mata Atlântica, dos quais 59 estão relacionadas à fruticultura, provavelmente citricultura, associada à criação de animais de grande porte e 54 ligados ao cultivo de frutos secos (coco-da-baía) associados a outras atividades, principalmente o extrativismo vegetal e a criação de animais de grande porte.

Do total de 115 focos de calor detectados em vegetação natural, 96 estão relacionados ao extrativismo (vegetal e animal) em áreas campestres, dos quais 72 ocorreram no bioma Mata Atlântica.

Ressalta-se que, proporcionalmente a área de cobertura e uso do solo, a ocorrência de fogo é mais concentrada nas áreas relacionadas ao cultivo da cana-de-açúcar, com concentração equivalente a 0,15 focos de calor por Km<sup>2</sup>, do que nas áreas destinadas à

pecuária extensiva, onde a concentração encontrada foi de apenas 0,08 focos de calor por Km<sup>2</sup>. Para as demais tipologias de cobertura do solo os valores são ainda menores.

## 5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

- Os focos de calor em Sergipe são detectados com maior frequência e intensidade nos meses de estiagem, período seco. Além disso, observa-se tendência de elevação do registro de focos de calor durante o período da colheita da cana-de-açúcar;
- Foram registrados mais focos de calor no bioma Mata Atlântica em relação ao bioma Caatinga;
- O uso do fogo está associado principalmente à pecuária extensiva, já que 73% (1.150) dos focos de calor detectados incidem sobre áreas ocupadas por pastagens. A cultura da cana-de-açúcar está relacionada com a ocorrência de 109 focos de calor, o que equivale a 7% do total registrado. Entretanto, esta cultura apresenta maior concentração de focos de calor quando comparada às demais tipologias de cobertura do solo;
- É necessário implantar ações governamentais que promovam a aplicação de métodos e técnicas alternativas à queima no estado de Sergipe, como a colheita mecanizada da cana-de-açúcar e o manejo adequado de pastagens.

## Referências bibliográficas

Fontenele, M. S.; Vasconcelos, P. G. A.; Vianna, B. V. G.; Piana, B. M.; Freitas, D. M.; Souza, R. A. Análise da relação entre focos de calor e o desmatamento na Caatinga. In: Seminário de Geotecnologias (Geonordeste), 3, 2011, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana, 2011. Disponível em: <<https://ecoflor.files.wordpress.com/2012/09/relac3a7c3a3o-entre-os-focos-de-calor-e-o-desmatamento-por-unidade-da-federac3a7c3a3o-na-caatinga.pdf>>. Acesso em 24 jan. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 11 jan. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Downloads geociências. Banco de dados agregados. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em 30 dez. 2015.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Perguntas Frequentes. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/informacoes/perguntas-frequentes#1>> Acesso em 15 abr. 2016.

Jesus, J. B. de; Gama, D. C. Detecção dos focos de queimadas no estado de Sergipe através do sensoriamento remoto. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (Geonordeste), 7, 2014, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2014. Artigos, p. 267-271. Disponível em: <<http://www.resgeo.com.br/geonordeste2014/anais/doc/pdfs/50.pdf>>. Acesso em 23 jan. 2016.

Xavier Filho, A. B.; Meirelles, C. E.; Pereira, L. F.; Bispo, M. A.; Assunção, S. R. S.; Correia, R. T.; Dalmora, E.; Cunha, M. B.; Silva, J. B. O.; Santana, L. A.; Santana Filho, V. J. de; Silva, J. B. da; Costa, C. H. L. **Estudos das condições e ambientes de trabalho na produção de cana-de-açúcar no estado de Sergipe**. Aracaju: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro), 2012. 125 p. Disponível em: <<http://www.agronomiaufs.com.br/cana.pdf>>. Acesso em 10 fev. 2016.