

Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Ciências Atmosféricas
Curso de Bacharelado em Meteorologia



ITTALO HENRIQUE SANTOS GOMES

**Dinâmica dos Focos de Calor nas Fronteiras Agrícolas SEALBA e MATOPIBA
via Mapeamento da Densidade Kernel**

Maceió, AL

Maio, 2023.

ITTALO HENRIQUE SANTOS GOMES

**Dinâmica dos Focos de Calor nas Fronteiras Agrícolas SEALBA e MATOPIBA
via Mapeamento da Densidade Kernel**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Alagoas, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Meteorologia.

Orientador: **Prof. Dr. José
Francisco de Oliveira Júnior**

Maceió, AL

Maio, 2023.

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Livia Silva dos Santos CRB - 1670

G633d Gomes, Ittalo Henrique Santos.

Dinâmica dos focos de calor nas fronteiras agrícolas SEALBA e MATOPIBA via mapeamento da densidade Kernel / Ittalo Henrique Santos Gomes. – 2023.

41 f. :il.

Orientador: José Francisco de Oliveira Júnior.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 38-41

1. Focos de calor. 2. Consórcios agrícolas. 3. Incêndios e queimadas - Nordeste.
4. Impacto socioeconômico ambiental. I. Título.

CDU: 551.590.21

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a
Meus familiares, namorada, professores e amigos.
Ittalo Henrique.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir evoluir como ser vivente e por ele amado, sou grato por tudo que destinou ao meu caminho e confio grandemente nos projetos e planos que me colocar, pois sei que estará sempre comigo;

Aos meus pais, por acreditar em mim e me educar no caminho certo, me incentivar e elogiar quando em momentos difíceis. Além de grande importância para a minha formação do quem sou hoje;

Ao meu irmão, que sempre está do meu lado junto com minha cunhada incentivando e me ajudando;

Aos meus professores que com paciência me incentivaram e repassaram um pouco do que sabem;

A minha namorada e seus familiares, que me motivaram a permanecer e vencer;

Aos meus familiares, que me acolhem e não medem esforços para serem presentes;

Aos meus amigos, que juntos somamos força pra prosseguir, mesmo com a pandemia e tantas intempéries ao longo do curso;

Ao grupo da Renovação Carismática Ave Cheia de Graça e ao Cônego Junior, por toda a atenção e oração para que tudo ocorresse da melhor forma;

A Instituição, por nos proporcionar um curso maravilhoso com professores que são únicos;

Ao grande professor e orientador Júnior, que de forma incansável estava sempre atento a me ajudar e incentivando para que não desistisse dos objetivos;

A banca examinadora composta pelo prof. Dr. Heliofábio, Dra. Micejane e o Me. Iwldson, pelas sugestões e todo carinho.

Muito Obrigado!

RESUMO

As fronteiras agrícolas, SEALBA (Sergipe, Alagoas e Bahia) e MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Oeste da Bahia) vêm crescendo a produtividade e exportação de grãos e, concomitantemente, as queimadas e incêndios. Portanto, o objetivo é avaliar os Focos de Calor (FC) via satélites ambientais nas fronteiras agrícolas SEALBA e MATOPIBA por meio do auxílio da densidade Kernel. Toda a série temporal é baseada em todos os satélites ambientais existentes no BDQueimadas no período de estudo 2000-2022. Sendo posteriormente feita a análise temporal dos focos de calor em que foi baseada em dois períodos: período 1 (P1) compreende os anos de 2012-2018 (**ANTES da COVID-19**) e o período 2 (P2) de 2019-2022 (**DURANTE a COVID-19**), onde chegou no ponto em que os focos de calor, desmatamento, expansão agrícola e os eventos climáticos de El Niño e La Niña colaboram para a dinâmica desses consórcios. Com a avaliação dos focos de calor foi observado que nos anos de 2012, 2015, 2019 e 2021 foram os anos em que ambos os consórcios obtiveram valores de focos de calor acima da média em relação a 2000-2022. No SEALBA o estado de Alagoas apresentou grande destaque em FC, principalmente no município de Coruripe e no MATOPIBA o estado do Maranhão. Os coeficientes de correlação (r) e determinância (R^2) deram altas para os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins mostrando que grande parte do MATOPIBA está em avanço e no SEALBA destacou que Sergipe vem avançando com o decorrer dos anos. Apesar de terem grande potencial para expansão e diversificação de culturas, mostra a importância da necessidade do monitoramento e as análises cabíveis para que haja evolução e essas sejam favoráveis, para o solo, a qualidade da produção e saúde da população. Conclui-se que se tenham mais estudos e pesquisas que forneçam a análise e monitoramento dos focos de calor, onde são necessárias as análises dos locais possíveis de incêndios.

Palavras-Chaves: Focos de calor; Consórcios agrícolas; Incêndios e queimadas - Nordeste; Impacto socioeconômico ambiental.

ABSTRACT

The agricultural frontiers, SEALBA (Sergipe, Alagoas and Bahia) and MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí and Western Bahia) have been growing the production and export of grains and, concomitantly, the burnings and fires. Therefore, the objective is to evaluate the Fire Focus (FF) via environmental satellites in the agricultural frontiers SEALBA and MATOPIBA through the aid of Kernel density. The entire time series is based on all existing environmental satellites in BDQueimadas in the study period 2000-2022. Subsequently, a temporal analysis of the FF on which it was based on two periods was carried out: period 1 (P1) comprises the years 2012-2018 (BEFORE COVID-19) and period 2 (P2) from 2019-2022 (DURING to COVID-19), where it reached the point where FF, deforestation, agricultural expansion and the climate events of El Niño and La Niña collaborate for the dynamics of these consortia. With the evaluation of FF, it was observed that in the years 2012, 2015, 2019 and 2021 were the years in which both consortia obtained values of FF above average in relation to 2000-2022. In SEALBA, the state of Alagoas had great prominence in FF, mainly in the municipality of Coruripe and in MATOPIBA, the state of Maranhão. The correlation (r) and determination (R^2) coefficients were high for the states of Maranhão, Piauí and Tocantins showing that a large part of MATOPIBA is advancing and in SEALBA he highlighted that Sergipe has been advancing over the years. Despite having great potential for expansion and diversification of crops, it shows the importance of the need for monitoring and the appropriate analyzes so that there is evolution and these are observed, for the soil, the quality of production and the health of the population. It is concluded that there are more studies and research that gave the analysis and monitoring of FF, where it is necessary to analyze the possible places of fire.

Keywords: Fire Focus; Agricultural consortia; Fires and burns – Northeast; Environmental socioeconomic impact.

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Fig.1 Localização dos consórcios agrícolas SEALBA (a) e MATOPIBA (b), com seus respectivos Estados.....	19
Fig. 2 Distribuição anual dos focos de calor nos Estados: Alagoas (a), Sergipe (b) e Bahia (c) – CONSÓRCIO SEALBA, no período de 2000 a 2022.....	23
Fig.3 Boxplot (a) e distribuição temporal e curvas de tendência dos focos de calor no Consórcio SEALBA (b) no período de 2000 a 2022.....	24
Fig.4 Distribuição anual dos focos de calor nos Estados do Maranhão (a), Bahia (b), Tocantins (c) e Piauí (d) – CONSÓRCIO MATOPIBA, no período de 2000 a 2022.....	26
Fig.5 Boxplot (a) e distribuição temporal e curvas de tendência dos focos de calor no Consórcio MATOPIBA (b) no período de 2000 a 2022.....	27
Fig.6 Mapas de densidade Kernel no consórcio SEALBA no período de 2012 a 2018.....	29
Fig. 7 Mapas de densidade Kernel no consórcio SEALBA no período de 2019 a 2022.....	31
Fig. 8 Mapas de densidade Kernel no consórcio MATOPIBA no período de 2012 a 2018.....	33
Fig. 9 Mapas de densidade Kernel no consórcio MATOPIBA no período de 2019 a 2022.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	Consórcios Agrícolas e o Impacto Socioeconômico Ambiental.....	14
3.2	Incêndios e Queimadas no Nordeste Brasileiro.....	14
3.3	Mudanças de Uso e Ocupação do Solo no Nordeste Brasileiro.....	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Área de Estudo.....	19
4.2	Dados de Focos de Calor e Estatística Aplicada.....	20
4.3	Mapas de Densidade Kernel.....	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1	Avaliação Temporal.....	22
5.2	Avaliação Espacial.....	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
7	RECOMENDAÇÕES.....	37
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo é comum no mundo. No Brasil, o uso é praticado nos ambientes urbano e rural e traz consigo diversos prejuízos para as atividades socioeconômicas e ambientais, tais como, a redução da biodiversidade, empobrecimento e erosão do solo e diminuição da fauna e flora (CAÚLA et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2015; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2020). No Brasil, o fogo se popularizou, em virtude de ser uma prática de baixo custo e rápida, sendo indispensável por agricultores na limpeza do solo, renovação das pastagens e para diminuição e controle das pragas (COCHRANE, 2009; MARINHO et al., 2021).

Os incêndios são os eventos de ocorrência de fogo que se espalham de forma incontrolável e proporcionam danos econômicos, sociais e ambientais (DA SILVA JÚNIOR et al., 2020; LEAL FILHO et al., 2021; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021). Danos esses que podem ser gerados por causas naturais, tais como, os raios, ou pelas ações antrópicas via atitudes negligentes ou até mesmo por queimadas descontroladas (MARTINS et al., 2022). Já as queimadas são resultados de aspectos culturais de limpeza de áreas para favorecer uma melhor visualização do espaço e até mesmo efetuar a plantação de modo satisfatório (CAÚLA et al., 2015; DA SILVA JÚNIOR et al., 2020; DE SANTANA et al., 2021).

Vale ressaltar a diferença entre as queimadas e os incêndios. A queimada é controlada e regulamentada pelo Governo Federal de acordo com o Código Florestal no artigo n.º 38 da Lei nº 12.651/12, que abrange todas as atividades agrícolas, as Unidades de Conservação (UC) e as Áreas de Preservação Ambiental (APA). Em contrapartida, quando se perde o controle da queimada é considerado como incêndio, que resulta em danos socioambientais e efeitos indesejáveis (LIMA et al., 2020; SILVA et al., 2021).

A queimada é devidamente regulamentada no Código Florestal. No entanto, os agricultores que fazem uso da queimada, deve se utilizar de técnicas que os assegurem que esta não tome grandes proporções se tornando um incêndio que passa a ser prejudicial ao homem, a fauna e a flora (CAÚLA et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2015; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2020).

Em virtude do panorama de ocorrências de incêndios e queimadas frequentes no Brasil. Em 1997, foi criado um sistema de monitoramento de queimadas e incêndios detectados por meio dos satélites ambientais a partir do conceito de focos de calor (FC), denominado de Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas). O BDQueimadas foi desenvolvido e é mantido até hoje pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2023). O BDQueimadas monitora os incêndios via focos de calor, principalmente em APA, Reservas Legais (RL), Territórios Indígenas (TI) e em UC existentes no país (CAÚLA et al., 2016; CLEMENTE et al., 2017).

Os consórcios agrícolas (MATOPIBA e SEALBA) vêm se desenvolvendo a cada ano e acompanha os focos de calor e os riscos que pode apresentar a saúde da população com essas queimas. Pode-se destacar, que as atividades rurais mesmo apresentando a prévia aprovação de órgãos estaduais competentes para o uso do fogo, essa prática pode resultar no comprometimento da qualidade do ar.

Devido a esses danos, foi criada uma forma de monitoramento através de satélite, que dá suporte e alimenta o banco de dados, facilitando o controle desse tipo de incidência, visualizando a temperatura das regiões. Afim de encontrar áreas que sejam propensas a incêndios florestais e urbanos, e é monitorando que se chega à prevenção desses acontecimentos. Mostrando assim, que o estudo propicia identificar e a avaliar o padrão de acontecimentos como os fatores que contribuíram para que fosse instalado.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

- **AVALIAR** os focos de calor nas fronteiras agrícolas do SEALBA e MATOPIBA por meio do auxílio da densidade Kernel.

2.2 ESPECÍFICOS

- **VERIFICAR** a dinâmica dos focos de calor nos consórcios agrícolas SEALBA e MATOPIBA;
- **APONTAR** os estados dentro dos consórcios SEALBA e MATOPIBA com maior registro de focos de calor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Consórcios Agrícolas e o Impacto Socioeconômico Ambiental

Desde o século XX, com o surgimento da globalização, aumentou o fluxo de informações, a revolução tecnológica e, assim, deu início à filosofia da responsabilidade social e ambiental (VERDOLIN e ALVES, 2005). A partir disso, influenciou na forma de trabalhar a terra, conseqüentemente o conceito de sustentabilidade aliado a tecnologia é o futuro. Segundo Merten e Minella (2002) afirmam que a utilização do solo pelas atividades agrícolas promovem alterações nos processos biológicos, físicos e químicos do ambiente, e tais alterações devem ser monitoradas e avaliadas a fim de que ações corretivas da degradação que por ventura existam possam ser implementadas e mitigadas.

Segundo Procópio (2017) constatou que diversos produtores alagoanos têm apostado na produção de grãos como alternativa de diversificação para driblar a crise do setor canavieiro. É possível ver a possibilidade de driblar a crise em videos pesquisados, Alagoas Rural (2020) onde pesquisadores e plantadores dão os seus depoimentos¹. Quando se fala das dificuldades enfrentadas pelo produtor no início, mas que acreditam nas possibilidades de grandes avanços futuros, para o plantio e para a colheita de vários tipos de grãos.

3.2 Incêndios e Queimadas no Nordeste Brasileiro

Conforme Pereira (2019), o foco de calor consiste em um dado capturado pelo monitoramento dos satélites ambientais que estão a uma altitude de 700 a 900 km sobre o planeta. Os sensores do satélite registram temperaturas acima de 47°C, neste caso, o AVHRR (Advanced Very-High-Resolution Radiometer) - (KAJII et al., 2002). Ao longo dos anos, o INPE tem avançado na detecção de focos de calor com o intuito de evitar falsas detecções, desta forma, dificilmente um foco de calor detectado não seja incêndio ou queimada. Um incêndio ou uma ocorrência podem gerar um ou vários focos de calor, dependendo da extensão da linha de fogo (PEREIRA, 2019).

¹ Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Hbf15EQFic8&ab_channel=AlagoasRural – acesso em 20 de maio de 2023.

Enquanto que as queimadas, ainda segundo Pereira (2019) fazem parte das técnicas tradicionais da agricultura familiar brasileira e objetiva limpar uma área para o plantio de culturas temporárias. As cinzas contribuem com a fertilidade num primeiro momento, mas o fogo recorrente empobrece o solo, sendo necessário fazer o descanso da área para recuperação da vegetação.

Para evitar que a queimada se transforme em incêndio existem algumas técnicas de segurança, uma delas é a mais usada é a construção de aceiros. Que é uma técnica utilizada para a contenção do fogo, impedindo o avanço das chamas. Pode ser aberto com ferramentas como enxadas e rastelos, com trator ou até mesmo com fogo, no caso do fogo só é recomendado por quem domina a técnica, sob risco de causar um incêndio (PEREIRA, 2019).

Que passa a crime ambiental, e pelo artigo 41 da Lei de Crimes Ambientais, provocar incêndios em matas ou florestas pode resultar em uma pena variável de dois a quatro anos de reclusão e multa, em caso de crime doloso (intencional), ou de seis meses a um ano de detenção e multa, se culposo. O valor da multa varia entre R\$ 1 mil e R\$ 7,5 mil por hectare (PEREIRA, 2019).

3.3 Mudanças de Uso e Ocupação do Solo no Nordeste Brasileiro

Uma grande faixa de terra vem sendo estudada se mostrando propícia para a produção da soja e milho, que pode se transformar, em médio prazo, em um importante pólo brasileiro de produção de grãos, e assim auxilia no desenvolvimento socioeconômico do Nordeste do Brasil (NEB). A capacidade de produção da soja cultivada na SEALBA Alagoana, consiste em uma área de 1.859.437 ha, com 74 municípios localizados nas mesorregiões climáticas Leste e Agreste (PROCÓPIO et al., 2017).

O NEB apresenta os meses quentes e favoráveis para a ocorrência de focos de calor no Brasil, associados com períodos secos, ventos fortes e baixa umidade do ar, sendo assim, nesse período, os incêndios florestais e as queimadas são os maiores problemas de impactos ambientais e socioeconômicos no Brasil (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2022). Prejudicando o ecossistema, empobrecimento dos solos e a perda da biodiversidade.

O NEB sempre foi visto como uma região seca e de pouca produção, atualmente com o consórcio SEALBA identificada pela Embrapa Tabuleiros Costeiros passou a ser considerado de alto potencial, mas ainda pouco explorado. Em termos de área, 36,1% da região ficam em Alagoas, 33,2% em Sergipe e 30,7% na Bahia, totalizando 5.148.941 hectares (PROCÓPIO et al., 2019). O principal critério para a delimitação dessa região agrícola foi à ocorrência de chuvas em volumes superiores a 450 milímetros, no período de abril a setembro, em pelo menos 50% da área total. Segundo reportagem do Globo Rural (2020)², esse volume seria suficiente para o cultivo de diversas culturas de grãos.

Entretanto, nessa área nobre e nova, já é possível a plantação de outros grãos, como é a soja, como afirma Procópio (2017) onde aponta o potencial existente na SEALBA para o cultivo da soja. Isso coloca a região do SEALBA, como sendo importante para o crescimento da agricultura brasileira, o que antes não se via como possível, hoje é realidade nordestina.

As pesquisas iniciais no SEALBA estão relacionadas ao teste de cultivares, visando identificar aquelas que se adaptam às condições da região de cultivo (temperatura, regime pluviométrico, altitude, tipo de solo, etc.) e atendem exigências mínimas para se tornarem viáveis economicamente. Dada às peculiaridades da região, um dos primeiros desafios está sendo encontrar cultivares com um porte (altura) mínimo exigido para realizar a colheita mecanizada do grão e produtividades capazes de gerar receitas que viabilizem economicamente o seu cultivo. Além disso, estudos conduzidos pela Embrapa e instituições parceiras, envolvendo épocas de plantio, arranjo e população de plantas, já se encontram na sua quarta safra (HIRAKURI et al., 2016).

O consórcio SEALBA passou por várias pesquisas para se ter a melhor produtividade e formas de cultivar e segundo Procópio (2017) a que apresentou a melhor produtividade nesses anos e locais de avaliação foi a BRS 325 RR, com ciclo médio de 115 dias (plantio-colheita), e uma produtividade média de 48 sacas por hectare, muito próxima à média nacional que nesses anos variou de 48 sacas por hectare a 50 sacas por hectare, e acima da média dos estados do NEB que ficou entre

² REDAÇÃO GLOBO RURAL, 07 JUL 2020 - 07H30. Disponível em <https://globo.com/Noticias/Agricultura/Trigo/noticia/2020/07/pesquisa-da-embrapa-avalia-potencial-do-trigo-em-novas-areas-do-nordeste.html> > acessado em 24 de maio de 2023

30 sacas por hectare a 47 sacas por hectare.

Sendo assim, Procópio (2017) ainda confere que as BRS ficaram próximas das produtividades médias nacionais e em alguns anos acima das médias dos estados pertencentes ao Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Oeste da Bahia), o que representa um bom desempenho em áreas ainda não consolidadas no cultivo dessa oleaginosa. A maioria das áreas utilizadas para a realização dos experimentos nunca tinha sido cultivada anteriormente com soja.

Nas áreas de produção e de florestas se faz necessário que haja um bom monitoramento e controle de focos de calor, pois seus efeitos são desastrosos ao meio ambiente, agride o solo, polui o ar e ainda prejudica a saúde pública, sem contar que coloca em risco patrimônios naturais e culturais de um povo.

As queimadas controladas e os incêndios florestais são as maiores ameaças à preservação da biodiversidade do planeta. Causam impactos diretos sobre fauna e a flora, contribuem, indiretamente, com a degradação ambiental, deixa o solo mais susceptível a processos erosivos e libera na atmosfera grande quantidade de gases responsáveis pelo efeito estufa (SOARES et al., 2007; WHITE et al., 2013). A frequência do fogo no Cerrado Brasileiro pode ser responsável por danos ambientais nessas comunidades ecológicas.

Uma parte no Nordeste brasileiro tem-se o consórcio agrícola MATOPIBA, apresentando características similares as do SEALBA, pois também ocupa uma faixa de terra na qual se somam quatro Estados: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. A região possui duas estações climáticas bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril, com precipitação média anual de 800 mm a 2.000 mm. Suas pastagens plantadas ocupam cerca de 8 milhões de hectares, 3 dos quais com indicativos de degradação (ANDRADE et al., 2016).

É o consórcio agrícola MATOPIBA, que vem se mostrando promissor na produção de grãos e conta com a Embrapa envolvida em projetos de pesquisa nessa região, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologias. Dessa forma, foi desenvolvido o Projeto Especial Plano Estratégico de Atuação da Embrapa na região do Matopiba, que fez profundo diagnóstico e uma proposta consistente de desenvolvimento agrícola com sustentabilidade – econômica, social e ambiental (BOLFE, 2015).

Os projetos de pesquisas são de grande importância para os consórcios agrícolas, através deles que os produtores de menor poder aquisitivo adquirem o conhecimento a ser empregado na sua área de produção.

O MATOPIBA foi oficialmente reconhecido como fronteira agrícola por meio do Decreto nº 8.447, de seis de maio de 2015, que dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário da região para promover e coordenar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico sustentável baseado nas atividades agropecuárias (RIBEIRO et al., 2020).

As políticas públicas são de interesse governamental e beneficiam os proprietários de terras produtoras, facilitando a aquisição de insumos, máquinas e construção de depósitos para os grãos produzidos.

Com a abrangência de quatro estados brasileiros: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, apresenta 73 milhões de hectares (ha), composta por 337 municípios. Onde estão inseridas três bacias hidrográficas: Tocantins, Atlântica (entre as regiões de transição norte e nordeste) e do rio São Francisco. Nessas bacias hidrográficas estão inseridos os rios Tocantins, Araguaia, São Francisco e Parnaíba (DE MIRANDA et al., 2014).

Do Nascimento Lopes e Reuss-Strenzel (2015) esclarecem que, na região do MATOPIBA os solos são intemperados, profundos, bem drenados, de baixa fertilidade natural e acidez acentuada. Classificam-se em Latossolos, Concrecionários, Podzólicos, Litológicos, Cambissolos, Terras Púrpuras, Areias Quartzosas, Lateritos Hidromórficos e Glaws.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O consórcio agrícola SEALBA compreende o Estado de Sergipe (SE), o Leste e Agreste de Alagoas (AL) e o Nordeste (NE) da Bahia (BA) (Figura 1a). O SEALBA (Figura 1a) possui um calendário diferenciado voltado para a agricultura devido às condições climáticas favoráveis ao plantio nos meses de maio e junho e sua semelhança com os plantios do Hemisfério Norte (HN). A semelhança com o HN tem sido destaque no cenário brasileiro de produção de grãos, como milho e soja, de acordo com Hirakuri (2016) essa região tem seu período chuvoso no outono-inverno, enquanto as demais regiões produtoras de soja do Brasil têm seu período chuvoso na primavera-verão tendo em vista essa disparidade no calendário de produção.

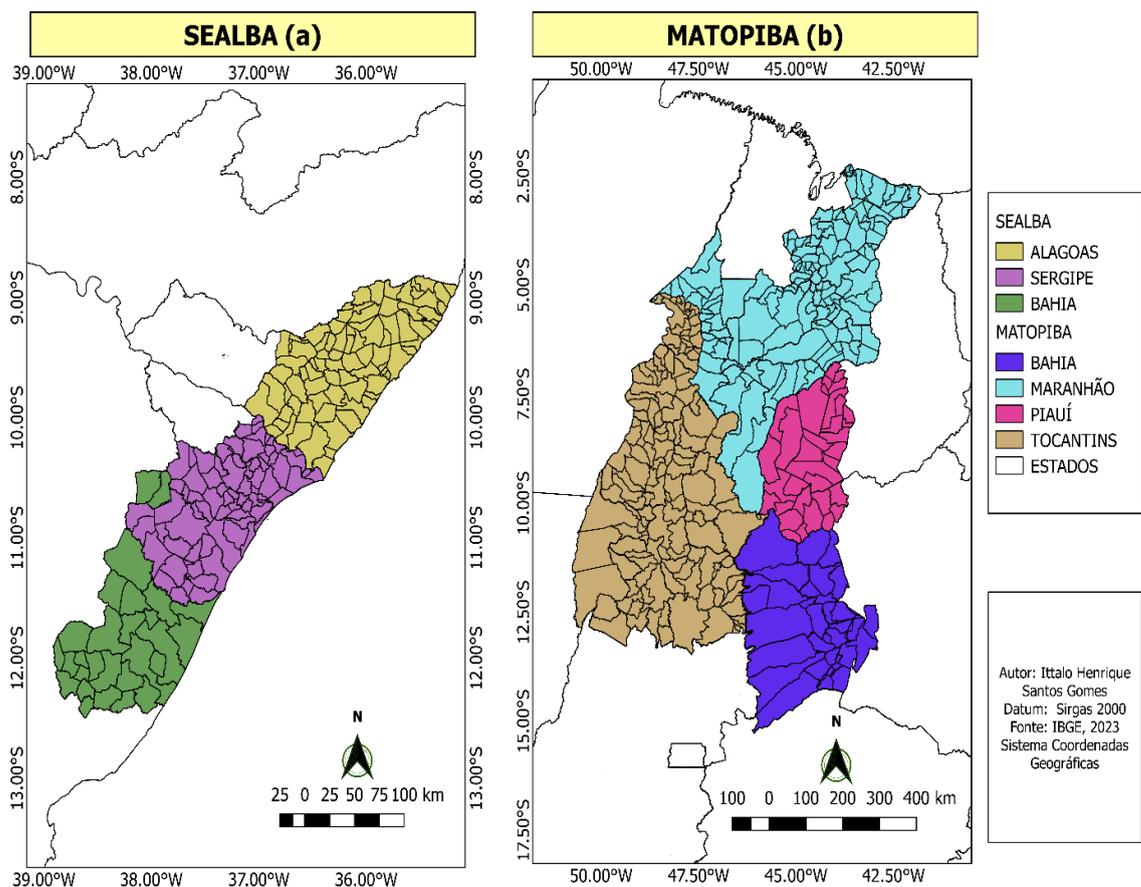


Figura 1. Localização dos consórcios agrícolas SEALBA (a) e MATOPIBA (b), com seus respectivos Estados. **Fonte:** Autor (2023)

O SEALBA encontra-se numa faixa territorial entre o litoral, agreste e parte do semiárido, que por sua vez engloba três estados: Sergipe (69 cidades), Alagoas (74 cidades) e no norte da Bahia (28 cidades), e assim totaliza 171 municípios (Figura 1a). O SEALBA é responsável por cerca de cinco milhões de hectares (PROCÓPIO et al., 2017).

O consórcio agrícola MATOPIBA (Figura 1b), também é uma faixa territorial que tem como bioma o Cerrado, e o clima tropical semi-úmido, constituídos dos Estados do Maranhão (55 cidades), Tocantins (84 cidades), Piauí (18 cidades) e Bahia (16 cidades). Segundo a EMBRAPA³, o consórcio vem se desenvolvendo na produção agrícola desde os meados de 1980, com produtos que vão de tubérculos a frutas, seguido da pecuária, com destaque no cultivo de grão e fibras, especialmente do milho e algodão.

4.2 Dados de Focos de Calor e Estatística Aplicada

No estudo foram usados os focos de calor no período de 2000 a 2022, a série temporal foi obtido do BDQueimadas no seguinte endereço eletrônico: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Vale ressaltar que toda a série temporal é baseada em todos os satélites ambientais existentes no BDQueimadas no período de estudo, sendo apenas na escala anual para os estados que compõe os consórcios agrícolas. A série temporal de focos de calor dos consórcios agrícolas foi submetida às estatísticas descritiva e exploratória (boxplot).

A formulação matemática segue Oliveira (2004) para o Coeficiente de Correlação de Pearson (r) é dada pela Eq. 1:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (1)$$

Onde: r representa o coeficiente de correlação linear para uma amostra e n o número de pares de dados presentes.

Para a obtenção do Coeficiente de Determinância (R^2) precisa elevar ao quadrado o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), onde $R^2=1$ é uma correlação

³ EMBRAPA 50 ANOS, Disponível em > <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/perguntas-e-respostas> acesso em 24 de maio de 2023.

perfeita, chegando a ter muitos fatores para determinar as relações entre as variáveis (SHIMAKURA, 2006). Formulação para o Coeficiente de Determinância é dada pela Eq. 2:

$$R^2 = \left(\frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \right)^2 \quad (2)$$

Tabela 1 – Coeficiente de correlação de Pearson (r) e sua respectiva classificação (HOPKINS, 2009).

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0 – 0,1	Muito baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

4.3 Mapas de Densidade Kernel

Com o auxílio da ferramenta densidade Kernel por meio do software QGIS versão 2.18 e 3.30 foram modelados o conjunto de pontos de focos de calor nos consórcios agrícolas utilizando o sistema de coordenadas geográficas EPSG: 4674, Sirgas 2000. A interpolação matemática foi ajustada a função bidimensional avaliada pela distância de cada ponto até o raio de interesse (CLEMENTE et al., 2017), neste caso, foi usado o raio de 10 km para o consórcio SEALBA e o raio de 50 km para MATOPIBA.

A formulação matemática da densidade Kernel é dada pela Eq. 3:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{n=1}^n K \left(\frac{x-x_i}{h} \right) \quad (3)$$

Em que, K é a função de Kernel; h é o raio de busca; x é a posição do centro de cada célula do raster de saída; x_i é a posição do ponto proveniente do centróide de

cada polígono e n é o número total de infrações ambientais (MARINHO et al., 2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação Temporal

A análise temporal dos focos de calor se baseou em dois períodos: período 1 (P1) compreende os anos de 2012-2018 (**ANTES da COVID-19**) e o período 2 (P2) de 2019-2022 (**DURANTE a COVID-19**) (Figura 2). Em Alagoas (Figura 2a), os anos que compreende o P1, neste caso, os anos 2012/2013 e 2015/2018 registraram os maiores FC anuais e superiores a média (4168 focos) da série temporal. Segundo Oliveira (2021), a variabilidade dos focos de calor representa o aumento do desmatamento, do avanço da expansão agrícola e as mudanças no clima. No P2, os anos de 2019 a 2021 também foram superiores à média, apesar da pandemia de COVID-19, com quarentena, lockdown e aparentemente diminuição do trabalho formal (SOUZA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022).

Antes da COVID-19, Pandemia que dividiu o mundo em duas visões, antes e depois dela, pode-se notar um aumento dos focos, principalmente no consórcio MATOPIBA onde 2021-2022 obtiveram maiores quantidades de focos nos Estados que o compreende. Além dos focos, ocorreram os eventos climáticos conhecidos e preocupantes para os agricultores do SEALBA e MATOPIBA, denominados de El Niño e La Niña, que provocam impactos positivos e/ou negativos no clima. Tais fenômenos geralmente ocorrem entre os meses de outubro e março, podendo variar. Na região Nordeste, o El Niño é um fenômeno climático que preocupa por causar um menor índice de chuvas e secas mais severas. Existe um espaçamento entre as ocorrências da passagem do El Niño e La Niña, onde normalmente ocorre duas vezes entre sete e dez anos e se prolonga por um período de aproximadamente nove a dezoito meses.

Alagoas possui um clima diferenciado em toda a área do SEALBA, devido às chuvas que variam entre os meses de maio a setembro (LYRA et al., 2014), que possibilita a produção de grãos, dando uma resposta positiva ao agronegócio brasileiro. Pesquisas mostram altas produtividades e grãos pesados de soja no SEALBA em anos com chuvas regulares, demonstrando ser uma região promissora para o cultivo dessa oleaginosa (PROCÓPIO et al., 2019).

Em Sergipe, no P1 (Figura 2b), o registro de FC anuais foi destaque também nos

anos de 2012/2013 e de 2015 a 2018, respectivamente. No P2 estão os anos 2019 - 2022 apresentaram FC anuais superiores a média (Figura 2b). Isso mostrou que apesar da pandemia o agronegócio em Sergipe se desenvolveu e buscou diversificação de sua cultura entre milho e a soja, principalmente para atender a demanda nas cidades onde se destaca a criação de aves e suínos e bacias leiteiras: como Nossa Senhora da Glória/SE, Batalha/AL e Garanhuns/PE (PROCÓPIO et al., 2019). Parte da Bahia compreende o consórcio MATOPIBA e outra parte ao consórcio SEALBA, sendo que no SEALBA contempla a parte Nordeste (NE) e que vem crescendo as culturas citadas anteriormente, sendo elas o milho e a soja. Nos anos do P1 (Figura 2c), em 2003-2005, 2012-2013, e de 2015-2017 foram superiores à média (969 focos). Novamente o P2 (Figura 2c), apresentaram valores similares aos outros estados que compõem a fronteira agrícola. Em suma, os FC no consórcio SEALBA variou ao longo dos anos, com destaque para os anos de 2012, 2015, 2019 e 2021 em Alagoas (Figura 2a), Bahia (Figura 2c) e Sergipe (Figura 2b), independente de P1 e P2.

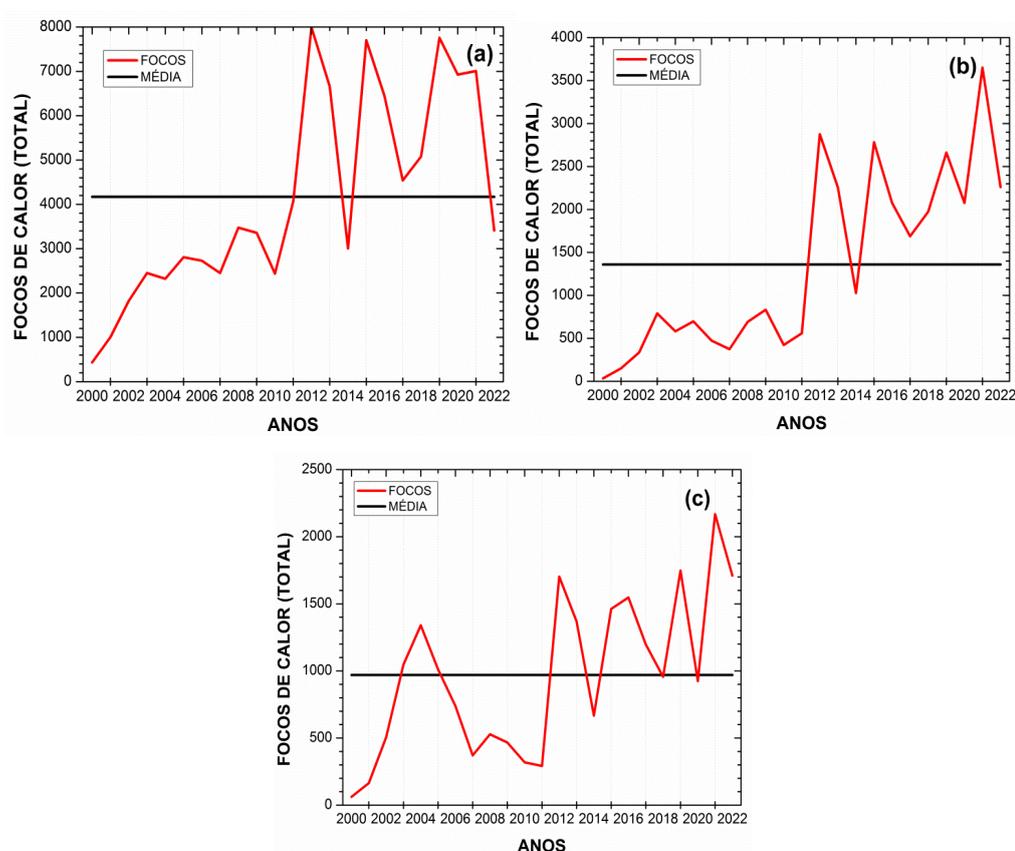


Figura 2. Distribuição anual dos focos de calor nos Estados: Alagoas (a), Sergipe (b) e Bahia (c) – **CONSÓRCIO SEALBA**, no período de 2000 a 2022. **Fonte:** Autor (2023)

O boxplot (Figura 3a) destaca Alagoas, com maior registro de focos em comparação aos outros estados e maior tendência de crescimento, aproximadamente a 8 mil focos de calor no ano de 2012. Em Sergipe o registro de focos de calor aumentou significativamente e Bahia apresentou menor variabilidade e amplitude interquartílica (AIQ). Destacando que nenhum dos Estados apresentou valores atípicos (*outliers*). Já os coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (R^2) - (Figura 3b), exibiu $r = 0,76$ (moderada) em Alagoas similar a Bahia com $r = 0,66$, a exceção foi Sergipe com $r = 0,83$ (alta), ou seja, Sergipe tem alta correlação dos focos de calor com tempo e isso demonstra o aumento significativo dos focos na região, apesar de menor área territorial.

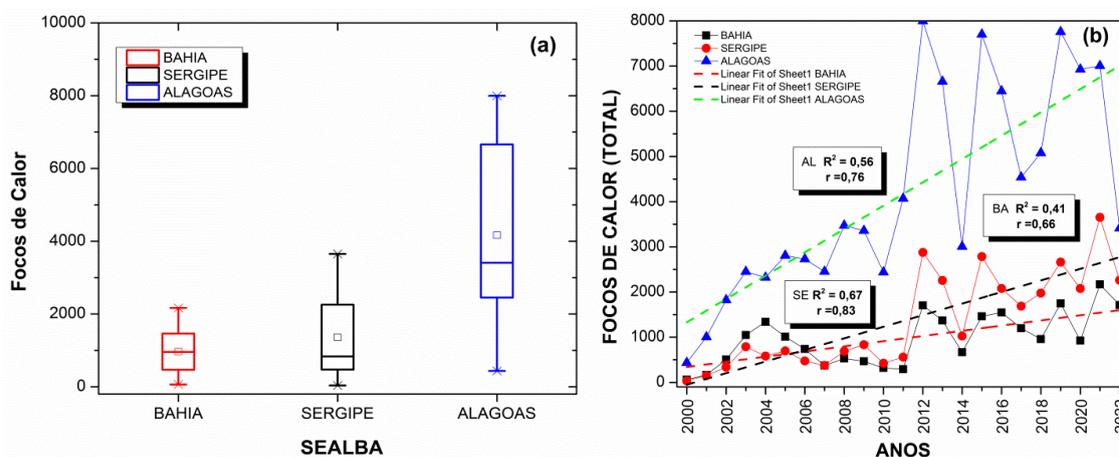


Figura 3. Boxplot (a) e distribuição temporal e curvas de tendência dos focos de calor no Consórcio SEALBA (b) no período de 2000 a 2022. **Fonte:** Autor (2023)

Os maiores valores dos coeficientes R^2 foram em: Sergipe ($R^2=0,67$) e Alagoas ($R^2 = 0,56$), a exceção foi a Bahia ($R^2 = 0,41$). Entre 40 a 67% dos dados são explicados pela ocorrência dos focos de calor no tempo, isso se deve ao aumento de satélites ambientais na série temporal de focos de calor (CAÚLA et al., 2015; CAÚLA et al., 2016; CLEMENTE et al., 2017) e aprimoramento dos sensores desde AVHRR, passando pelo MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*) – (JUSTICE et al., 1998) e atualmente, índice *Normalized Burn Ratio* (NBR) – (MILLER e THODE, 2007) conseguem detectar um número superior de focos de calor (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021) no SEALBA. O restante do percentual é explicado pela mecanização, hábitos culturais, aspectos econômicos e clima.

No consórcio MATOPIBA, no P1 (Figura 4), os maiores registros de FC anuais foram destaque nos anos de 2012, 2014-2015 (Figura a-d), em todos os estados. É possível visualizar que no ano de 2012 apresentaram muitos focos de calor, destacando para o estado da Bahia (Figura 4b), que esse foi o segundo maior ano de focos de calor comparado a 2000-2022, chegando até mesmo a obter 162098 focos de calor. No ano de 2014-2015 apresentaram quantidade de focos acima da média, mas sendo destaque nos estados do Maranhão e do Piauí (Figura 4 a,d).

No P2 (Figura 4), estão os anos 2019-2022 obtiveram FC anuais superiores a média nos estados que compreende o consórcio, sendo a média nos valores respectivamente conforme (Figura 4): Maranhão (158741) (Figura 4a), Bahia (51191) (Figura 4b), Tocantins (138830) (Figura 4c) e o Piauí (50886) (Figura 4d). Sendo que no ano de 2019 apresentou um aumento em todos os estados (Figura 4 a-d), coincidindo durante a pandemia. Isso mostrou que apesar da pandemia em ambos os consórcios (MATOPIBA e SEALBA), se desenvolveram e buscaram realmente a diversificação de sua cultura. Ano de 2020, apresentou aumento significativo de focos nos estados do Maranhão (Figura 4a) e na Bahia (Figura 4b) que de 2020 para o ano de 2021 teve um aumento acentuado, chegando até mesmo ao ano que obteve as maiores quantidades de focos do estado (167102 focos). Outro estado que também teve um aumento significativo no ano de 2021 foi o estado do Piauí (Figura 4d), chegando até mesmo as maiores quantidades de focos, que corresponde a 146046 focos. Ano de 2022, foi o ano que correspondeu as maiores quantidades de focos de calor nos estados do Maranhão (Figura 4a) e do Tocantins (Figura 4c). Sendo que no estado do Maranhão (Figura 4a), obteve aumento significativo e a maior quantidade no estado comparado a 2000-2022, chegando a 394507, enquanto no Tocantins (Figura 4c) 333199 focos.

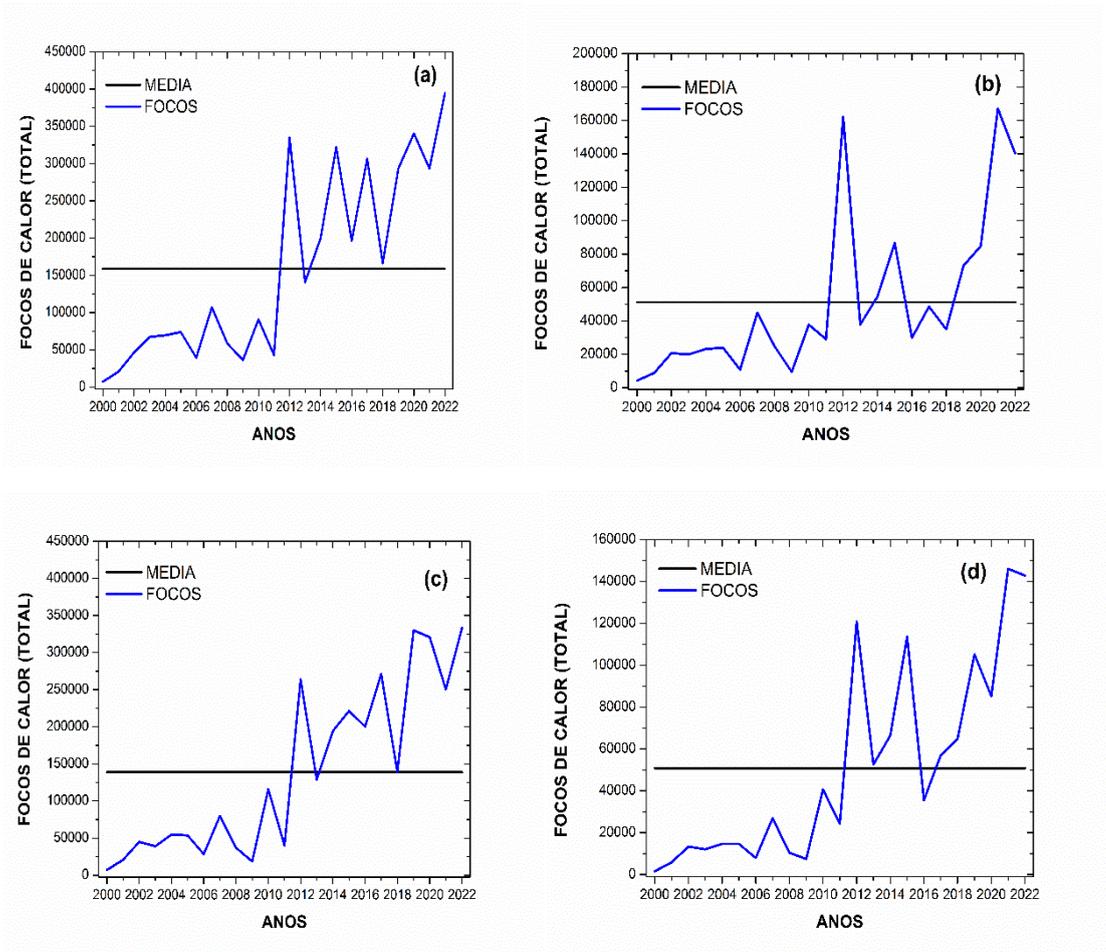


Figura 4. Distribuição anual dos focos de calor nos Estados do Maranhão (a), Bahia (b), Tocantins (c) e Piauí (d) – **CONSÓRCIO MATOPIBA**, no período de 2000 a 2022. **Fonte:** Autor (2023)

O boxplot (Figura 5a) destacou o estado do Maranhão, com maior registro de focos de calor em comparação aos demais estados, com tendência de crescimento, destaque em 2022 para aproximadamente 400000 focos. O estado do Tocantins também exibiu crescimento, aonde durante a pandemia chegou a ter aumento no número de focos em cada ano de 2019-2022 a quantidades maiores do que 320000 focos. Os estados (Bahia e Piauí), apresentaram similaridade quanto a quantidade de focos de 2000-2022 (Figura 5a).

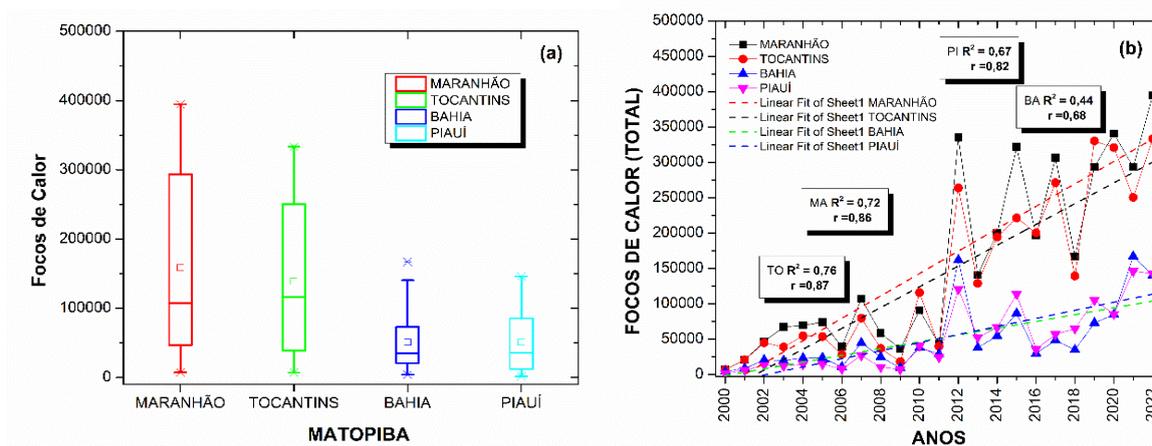


Figura 5. Boxplot (a) e distribuição temporal e curvas de tendência dos focos de calor no **Consórcio MATOPIBA** (b) no período de 2000 a 2022. **Fonte:** Autor (2023)

No Maranhão o registro de focos de calor aumentou significativamente e Bahia apresentou menor variabilidade e amplitude interquartílica (AIQ). Destacando que somente o Estado da Bahia apresentou valores atípicos (*outliers*) (Figura 5a). Já os coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (R^2) - (Figura 5b), exibiu $r = 0,87$ (alta) no Tocantins, no Maranhão com $r = 0,86$, Piauí com $r = 0,82$ e a Bahia com $r = 0,68$, ou seja, os Estados de Tocantins, Maranhão e o Piauí tem alta correlação dos focos de calor com tempo e isso demonstra o aumento significativo dos focos nessas regiões. Os maiores valores dos coeficientes R^2 foram em: Tocantins ($R^2=0,76$), Maranhão ($R^2 = 0,72$), Piauí ($R^2=0,67$) e a exceção foi a Bahia ($R^2 = 0,44$).

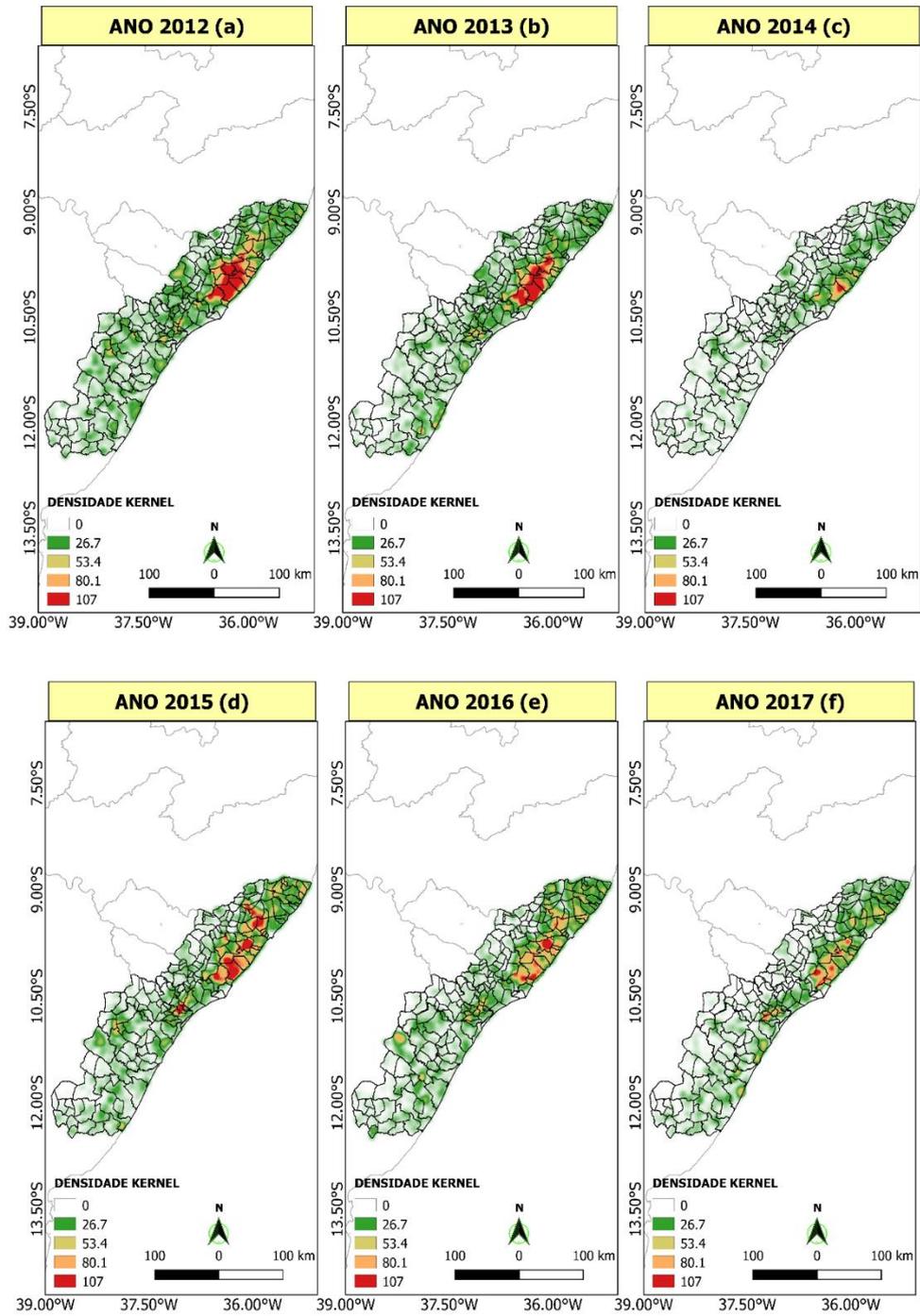
5.2 – Avaliação Espacial

Os mapas de densidade Kernel no biênio 2012-2013 (Figura 6 a-b) apresentaram similaridade no litoral de Alagoas (Figura 6), sendo 2012 (Figura 6a) com maior registro de focos de calor no consórcio SEALBA (7995 focos). Os municípios que compreendem os pontos com concentrações elevadas (vermelho) estão em Alagoas, são eles: Boca da Mata (158), Campo Alegre (520), Coruripe (1189), Jequiá da Praia (434), Junqueiro (180), Limoeiro de Anadia (157), Penedo (558), Pilar (194), Poxim, São Miguel dos Campos (367), Teotônio Vilela (344).

Os municípios citados apresentaram entre 2012-2013 (Figura 6 a-b), pontos vermelhos que notificam a presença de focos de calor, essa região compreende parte do consórcio SEALBA, e está localizada em área de plantação e cultivo da cana-de-açúcar sendo parte delas litoral e parte de sertão (bacia leiteira), ambas, portanto, áreas de clima tropical, onde se utiliza com frequência a queimada controlada. Que além dos seus impactos diretos sobre a fauna e a flora, contribuem, indiretamente, com a degradação ambiental, deixando o solo mais susceptível a processos erosivos e liberando na atmosfera grande quantidade de gases responsáveis pelo efeito estufa (SOARES et al., 2007; WHITE et al., 2013).

No ano de 2014 (Figura 6c) apresentou menor registro de focos de calor, mas os municípios que continuam com destaque novamente no Estado de Alagoas, é principalmente Coruripe (639) e a comunidade do Poxim. Em 2015 (Figura 6d), Alagoas e Sergipe ambos os Estados com os maiores registros dos focos de calor, sendo em Alagoas (Atalaia (418), Branquinha (103), Coruripe (985), Igreja Nova (162), Messias (53), Murici (291), Penedo (533), pequena parte do Poxim, Rio Largo (251), São Miguel dos Campos (586) e Teotônio Vilela (310)) e em Sergipe (Carmópolis (42), pequena parte de General Maynard e Japarutuba (162), Maruim (82), Miranda e Rosário do Catete (121)).

No ano de 2016-2017 (Figura 6 e-f), obteve pontos de concentrações de focos de calor nos municípios de Alagoas: Coruripe (697, 521), Penedo (438, 436), São Miguel dos Campos (540, 245). Além dos municípios destacados, Alagoas apresentou concentrações em 2016 (Figura 6e) em Atalaia (215) e 2017 (Figura 6f) com Jequiá da Praia (249), corroborou com estudos no Estado (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2020; SILVA et al., 2021; SANTOS et al., 2022), e o Estado de Sergipe no ano de 2017, com apenas dois municípios (Laranjeiras (93) e Riachuelo (96)). Em 2018 (Figura 6g), os focos de calor mais acentuados em Alagoas foram: Coruripe (1040), Penedo (456), Poxim, Teotônio Vilela (221), Campo Alegre (210), Jequiá da Praia (208) e Junqueiro (57), e no Estado da Bahia com Inhambupe (145).



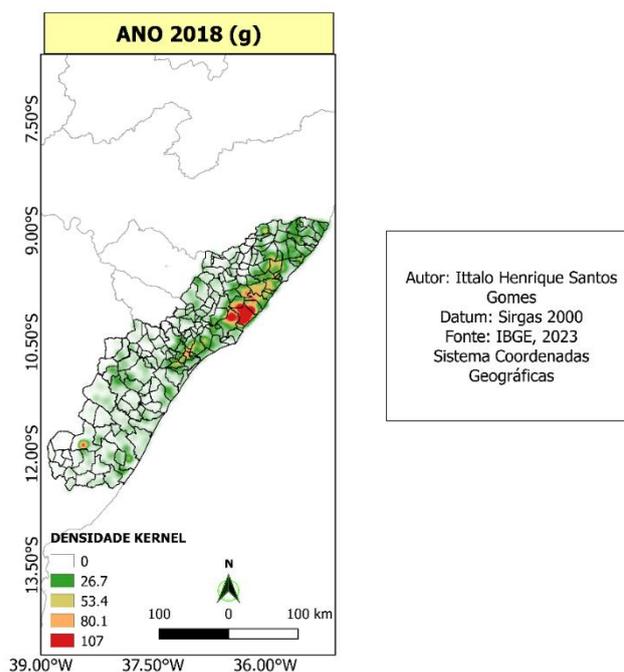


Figura 6. Mapas de densidade Kernel no consórcio SEALBA no período de 2012 a 2018. **Fonte:** Autor (2023)

Analisando o ano de 2019 (**DURANTE a COVID-19**) (Figura 7a), os pontos de concentrações estão nos 3 estados, sendo que em Alagoas os municípios de Atalaia (292), Campo Alegre (280), Coqueiro Seco (14), Coruripe (1056), Feliz Deserto (113), Jequiá da Praia (374), Messias (83), Murici (196), Penedo (403), Pilar (184), Poxim, Rio Largo (259), Roteiro (114), São Miguel dos Campos (403), Satuba (65), Santa Luzia do Norte (30) e Teotônio Vilela (493), correspondem ao litoral foram os que obtiveram maiores concentrações de focos de calor. No mesmo ano (Figura 7a), em Sergipe (Carmópolis (30), Japarutuba (131), Laranjeiras (148), Maruim (52), Miranda e Rosário do Catete (111)) e na Bahia com o município de Conde (367) apresentaram pontos em vermelho. Percebe-se que 2020-2021 (Figura 7 b-c) em Alagoas a extensão em vermelho é similar sendo que em 2020 (Figura 7 b) existem alguns municípios a mais (Boca da Mata (106), pequena parte de Marechal Deodoro (233), Messias (39)) e 2021 (Figura 7c) tem concentrações de focos nos municípios de Igreja Nova (225), Pilar (108), Rio Largo (181). No ano de 2022 (Figura 7d) foram obtidas menores concentrações, sendo que desses os municípios de Alagoas (Campo Alegre (265), Coruripe (904), Feliz Deserto (95), Poxim, Teotônio Vilela (175)) foram os que apresentaram destaque.

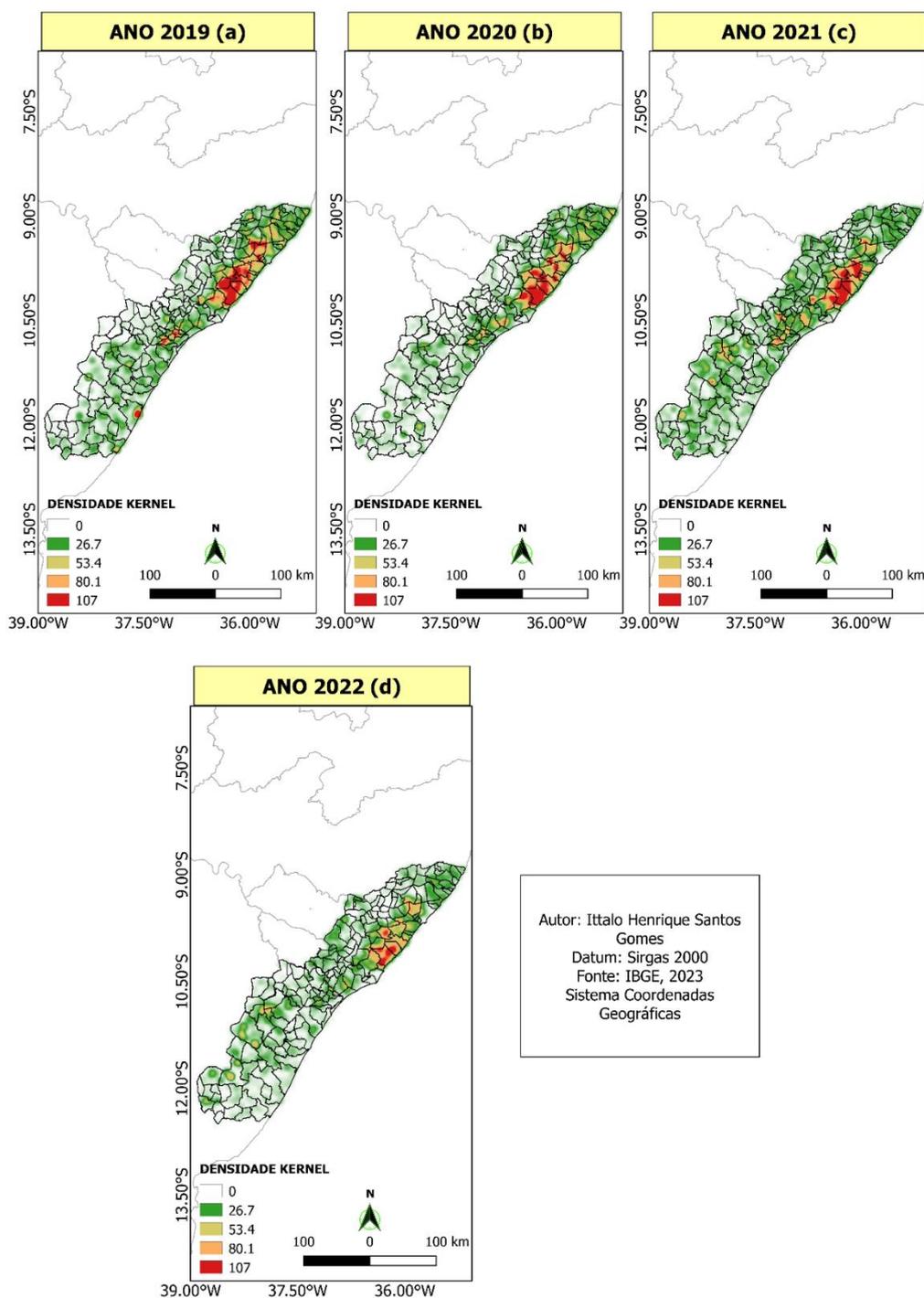


Figura 7. Mapas de densidade Kernel no consórcio SEALBA no período de 2019 a 2022. **Fonte:** Autor (2023).

Essa análise destaca-se por ter sido feita em 2019, ano que o mundo vivenciava seu momento crítico da Pandemia acometida pelo vírus Sars-coV-2/19, ou como ficou conhecido COVID-19⁴. Vírus que surgiu na cidade de Wuhan, província de

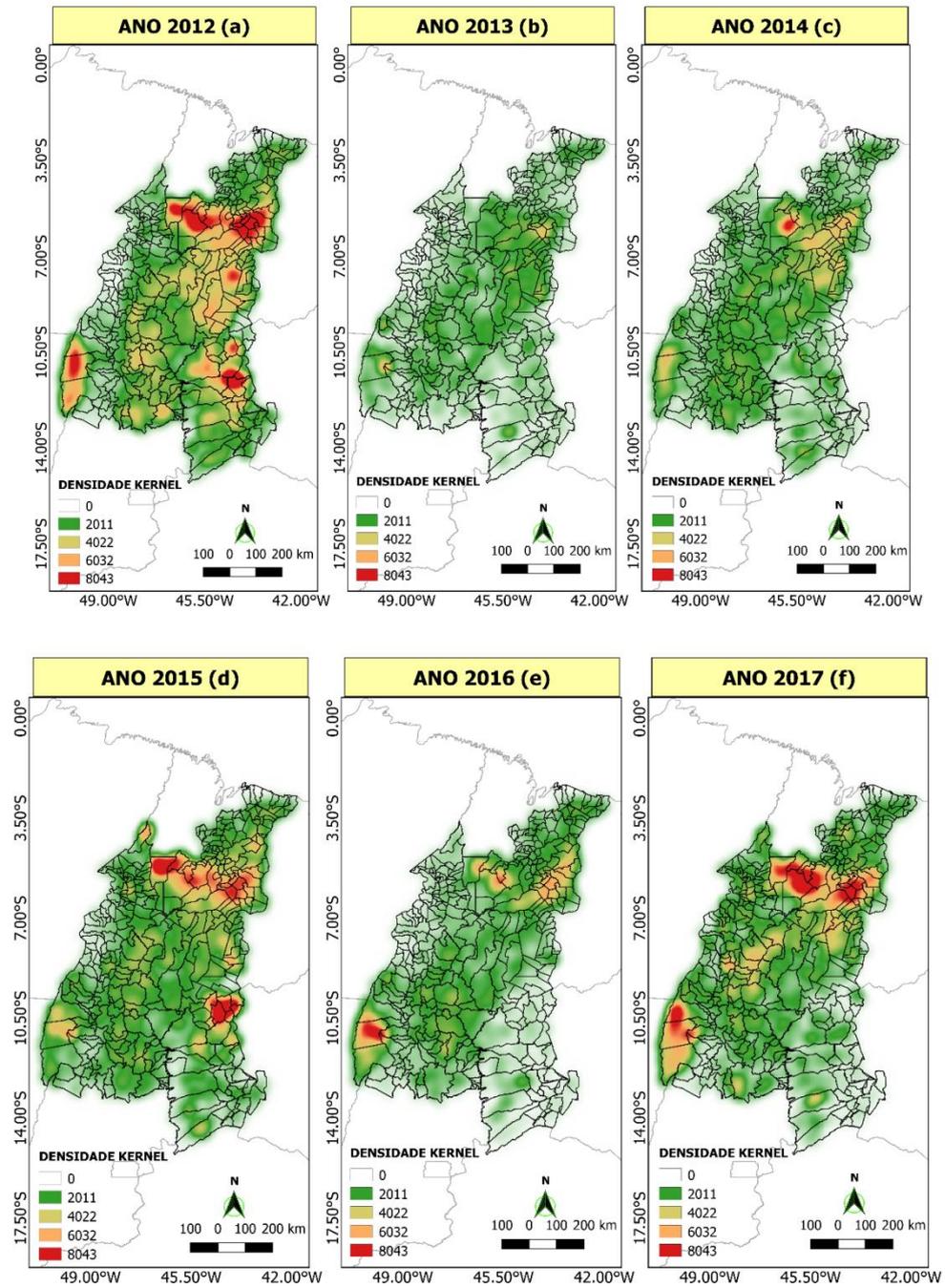
⁴ Disponível em <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus> > acesso em 23 de maio de 2023

Hubei, China, em dezembro de 2019, o coronavírus ficou conhecido ao infectar seres humanos, com uma perigosa capacidade de infecção pulmonar quase sempre letal. Neste ano também ocorreu um acréscimo de grande proporção da presença de focos de calor, como mostram os pontos vermelhos da pesquisa (Figura 7), o que pode ter contribuído negativamente para a piora da saúde da população da região próxima.

Os focos de calor no SEALBA se devem às queimadas, tipo de cultura antiga e comum pelos pequenos e grandes agricultores. No Brasil, o fogo se popularizou, em virtude de ser uma prática de baixo custo e rápida, sendo indispensável por agricultores na limpeza do solo, renovação das pastagens e para diminuição e controle das pragas (COCHRANE, 2009; CAÚLA et al., 2015; MARINHO et al., 2021, OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021). Esse hábito pode acarretar em grandes incêndios, caso esse fogo venha a se alastrar pelas matas e florestas que circundam os locais de plantios. Conforme pesquisadores do Neoenergia⁵, as queimadas também acontecem de formas acidentais quando em períodos de grande estiagem, ou ainda, depois de algum desmatamento para ampliação e ocupação de terras para atividades agrícolas e ou pecuária, além de exploração e venda da madeira brasileira.

A aplicação da densidade Kernel no consórcio MATOPIBA foi de 50 km (Figura 8), pode-se observar que o ano de 2012 (Figura 8a) houve mais concentrações de focos de calor em relação aos anos de 2013-2018 (Figura 8 b-g), sendo que desses, os anos de 2012 (Figura 8a), 2013 (Figura 8b), 2015 (Figura 8d) compreendem ao episódio de El Niño que resultou na diminuição das chuvas e relacionando com baixa umidade ajudam na ocorrência dos FC (CAÚLA et al., 2015; SILVA et al., 2021). O ano de 2014 (Figura 8c) teve menores concentrações de focos, sendo destaque nesse ano o Maranhão com o município de Grajaú (15769), e em 2015 (Figura 8d) o mesmo estado (Maranhão) apresentou novamente os maiores pontos de concentração que compreende os municípios: Amarante do Maranhão (26153), Arame (9987), uma pequena parte da Barra do Corda (13161), Buriti Bravo (5298), Colinas (6542), Grajaú (15950), Jenipapo dos Vieiras (6116) e Passagem Franca (3505). Destacando assim, o aumento dos focos de calor nesse ano nas atividades agrícolas, expansão, desmatamento e o El Niño atuando no NEB.

⁵ NEOENERGIA: Queimadas no Brasil: Porque devemos nos preocupar? Disponível em <https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/queimadas-no-brasil.aspx> > acesso em 24 de maio de 2023.



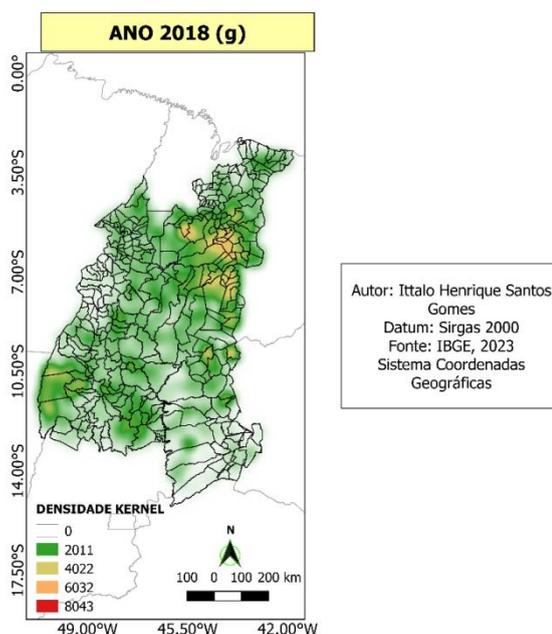


Figura 8. Mapas de densidade Kernel no consórcio MATOPIBA no período de 2012 a 2018. **Fonte:** Autor (2023).

No ano de 2016 (Figura 8e) houve menor concentração em relação ao ano de 2015 (Figura 8d) em focos de calor e a maior concentração desse ano foi no estado do Tocantins (Dueré (3916), Lagoa da Confusão (26916), Santa Rita do Tocantins (3419)), em 2017 (Figura 8f) foram encontrados mais pontos desse ano em relação a concentração, sendo eles no Maranhão (Amarante do Maranhão (15769), Arame (9540), Barra do Corda (14386), Buriti Bravo (6326), Colinas (7075), Fernando Falcão (10319), Fortuna (1550), Grajaú (26787), Itaipava do Grajaú (2693), Jatobá (1978), Jenipapo dos Vieiras (8310), Mirador (18827), Paraibano (1072), Pastos Bons (2449), Passagem Franca (2969), Sucupira do Norte (2715)) e no Tocantins (Lagoa da Confusão (25258), Pium (21438), pequena parte de Dueré (3281) e Santa Rita do Tocantins (6365). Durante o período analisado o ano de 2013 (Figura 8b) e 2018 (Figura 8g) em relação aos demais anos apresentaram menores concentrações de focos de calor.

Nos anos de 2019-2022 (**DURANTE a COVID-19**) (Figura 9), foram os anos que demonstraram muitos pontos de concentração de focos de calor no consórcio MATOPIBA. O consórcio teve uma grande expansão agrícola e desmatamento mesmo no período durante a pandemia. Sendo que no ano de 2019 (Figura 9a), apresentaram muitos pontos de concentração, onde eles estão no estado do Maranhão (Barra do Corda (13313), Buriti Bravo (4524), Colinas (5162), Fortuna

(2164), Jatobá (2143), Jenipapo dos Vieiras (6105), Mirador (19731), Paraibano (1208) e Sucupira do Norte (2912)) e no Tocantins (Dueré (15328), Lagoa da Confusão (46910), Paranã (27491), Palmeirópolis (2537), Pium (20273), Santa Rita do Tocantins (4352) e São Salvador do Tocantins (4655)). Ano de 2020 (Figura 9b) foi mais um ano com pontos de concentração de focos de calor, sendo visto esses pontos localizados no leste maranhense (Buriti Bravo (4485), Colinas (6786), Caxias (6064), Fortuna (2089), Jatobá (1339), Matões (5312), Mirador (22527), Parnarama (10828), Paraibano (1992), Pastos Bons (4974), São João dos Patos (4098), São João do Soter (5442) e Sucupira do Norte (4003)) e no Tocantins (Centenário (7364), Lizarda (12967), Rio Sono (12653), Pium (18314) e Lagoa da Confusão (19668)).

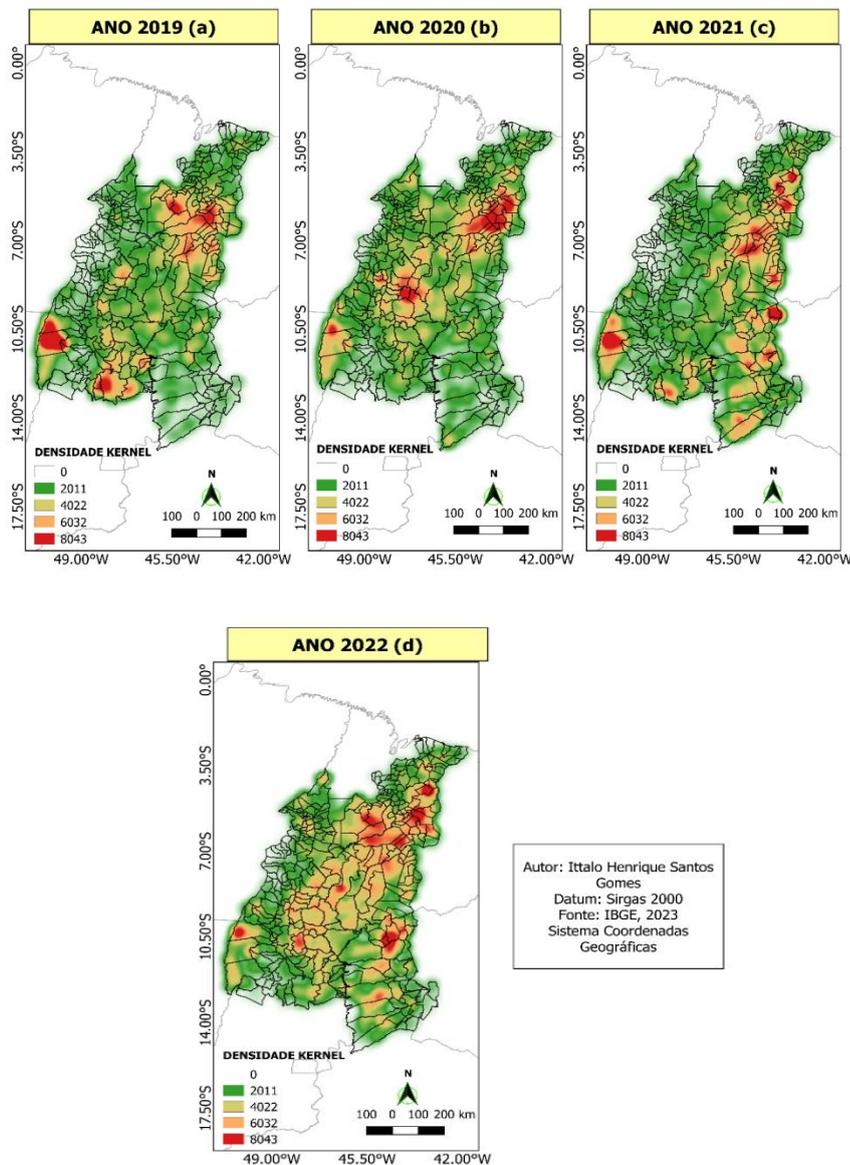


Figura 9. Mapas de densidade Kernel no consórcio MATOPIBA no período de 2019 a 2022. **Fonte:** Autor (2023).

Nos anos de 2021-2022 (Figura 9 c-d), é observada a expansão de mais áreas com focos de calor, chegando até mesmo a obter no ano de 2021 (Figura 9c) as maiores quantidades de focos em relação 2000-2022 nos estados da Bahia e Piauí. Chegando a registrar na Bahia (167102), Maranhão (293385), Piauí (146046) e no Tocantins (250455) focos de calor. No ano de 2022 (Figura 9d) foi o momento de maior concentração dos focos de calor espalhados no consórcio MATOPIBA entre 2000-2022, chegando a ter os maiores registros de FC nos estados do Maranhão e no Tocantins. Dessa forma, foi possível analisar que na Bahia (140398), Maranhão (394507), Piauí (146046) e no Tocantins (250455).

A apresentação de pontos de concentração dos focos de calor é importante para que sejam cumpridos o monitoramento e com a aplicação da densidade kernel é possível deixar os agricultores da região a par da situação, que envolve prejuízos na produção e na saúde da população circunvizinha. Destacando também que o aumento dos satélites durante a série temporal favoreceu para que os dados obtivesse ótimos resultados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consórcio agrícola SEALBA apesar de ter grande potencial para expansão e diversificação de culturas, mostra a importância da necessidade do monitoramento e as análises cabíveis para que haja evolução e essas sejam favoráveis, para o solo, a qualidade da produção e saúde da população.

O MATOPIBA, vizinho do SEALBA, é um consórcio agrícola bem estabelecido, com mais experiências de atuação apresentando uma base estruturada, mas tem os mesmos problemas de grandes concentrações de focos de calor. Importante mencionar que os focos de calor e os eventos climáticos de El Niño e La Niña colaboram para a dinâmica desses consórcios. Com a avaliação dos focos de calor foi observado que nos anos de 2012, 2015, 2019 foram os anos que apresentaram os picos diante dos anos de 2000-2022.

Indispensável dizer que durante a pandemia o mundo todo ficou em isolamento (em suas casas), mas os consórcios mantiveram ativos chegando a apresentarem quantidades de focos e expansão agrícola significativa nos anos 2019-2022, onde ocorreram mais atividades agrícolas.

Alagoas é o estado com maiores concentrações de focos de calor no consórcio SEALBA, principalmente no município de Coruripe que contém grande atividade na cultura da cana-de-açúcar. Já no consórcio MATOPIBA, o estado do Maranhão apresentou maior destaque. Os coeficientes de correlação e determinância deram altas para os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins mostrando que grande parte do MATOPIBA está em avanço e no SEALBA destacou que Sergipe vem avançando com o decorrer dos anos.

É muito importante que as pessoas saibam sobre o controle e combate do fogo, pois, no meio rural, inclusive as áreas de mata e de preservação devem ser protegidas. Compartilhar esse conhecimento com os funcionários, vizinhos e trabalhadores rurais contribui para um ambiente mais seguro.

7. RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que tenham mais estudos e pesquisas que forneçam a análise e monitoramento dos focos de calor. Dessa forma, é importante a presença de meteorologistas nos consórcios para que sejam feitos boletins de ocorrências e que essas mesmas sejam registradas. Visando sempre o controle e a qualidade do ar, é

importante mencionar que é preciso estudos que associem produção x focos de calor e estudo do Índice de Vegetação (NDVI) para acompanhar o uso e manuseio do solo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. G.; BOLFE, É. L.; VICTORIA, D. D. C.; NOGUEIRA, S. F.

Recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 36, n. 2 p. 30-32, 2016.

BOLFE, E. L. Relatório técnico: organização de um banco de dados geoespaciais e elaboração de planos de informações sobre aspectos físico-bióticos, de logística e infraestrutura, conservação, unidades de paisagem e aptidão, expansão e intensificação agrícola da região do Matopiba. **Projeto especial: plano estratégico de atuação da Embrapa na região do Matopiba. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2015.

CAÚLA, R. H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D.; 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**, v. 74, p. 1497-1508, 2015.

CAÚLA, R. H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D.; 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**, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2016.

CLEMENTE, S. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. D.; LOUZADA, M. A. P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 669-677, 2017.

COCHRANE, M. A. **Tropical Fire Ecology: Climate change, Land use and Ecosystem Dynamics**. Berlin: Springer, 2009.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. BDQUEIMADAS. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: nov. 2022.

DA SILVA JUNIOR, C. A.; TEODORO, P.E.; DELGADO, R.C.; TEODORO, L. P. R.; LIMA, M.; DE ANDRÉA PANTALEÃO, A.; ... & FACCO, C.U. Persistent fire foci in all biomes undermine the Paris Agreement in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 16246, 2020.

DE MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. Proposta de Delimitação Territorial do Matopiba. Embrapa. 2014. Disponível online: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2023.

DE OLIVEIRA, M. E. G.; DA SILVA, M. V.; DE ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; OLIVEIRA LOPES, P. M.; MANRIQUE, D. R. C.; DOS SANTOS, A.; JARDIM, A. M. D. R. F.; GIONGO, P. R.; MONTENEGRO, A. A. D. A.; DA SILVA JUNIOR, C. A.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D. Investigation of pre and post environmental impact of the lockdown (COVID-19) on the water quality of the Capibaribe and Tejiptó rivers, Recife metropolitan region, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 118, p. 103965, 2022.

DE SANTANA, R. O.; DELGADO, R. C.; SCHIAVETTI, A. Modeling susceptibility to forest fires in the Central Corridor of the Atlantic Forest using the frequency ratio method. **Journal of environmental management**, v. 296, p. 113343, 2021.

DO NASCIMENTO LOPES, E. R.; REUSS-STRENZEL, G. M. Geoprocessamento Aplicado À Caracterização Da Ocupação De Unidades De Conservação—Um Olhar Sobre A Área De Proteção Ambiental De Guaibim, Bahia. **Brasil. Rev. De Geogr. (Ufpe)**, v. 32, 2015.

HIRAKURI, M. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; CASTRO, C. D. Perspectiva geral para a introdução da soja nos sistemas de produção agrícola da Região do SEALBA. 2016.

HOPKINS, W.G. A new view of statistics: Correlation Coefficient. **New York: Internet Society for Sport Science**, 2009. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso: 23 jun. 2022.

KAJII, Y.; KATO, S.; STREETS, D. G.; TSAI, N. Y.; SHVIDENKO, A.; NILSSON, S.; ... & KHODZER, T. V. Boreal forest fires in Siberia in 1998: Estimation of area burned and emissions of pollutants by advanced very high resolution radiometer satellite data. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 107, n. D24, p. ACH 4-1-ACH 4-8, 2002.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R.; DEFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; ... & BARNESLEY, M. J. The *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS): Land remote sensing for global change research. **IEEE transactions on geoscience and remote sensing**, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998.

LEAL FILHO, W.; AZEITEIRO, U. M.; SALVIA, A. L.; FRITZEN, B.; LIBONATI, R. Fire in Paradise: Why the Pantanal is burning. **Environmental Science & Policy**, v. 123, p. 31-34, 2021.

LIMA, M.; VALE, J. C. E.; COSTA, G. M.; SANTOS, R. C.; CORREIA FILHO, W. L. F.; GOIS, G.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. D.; TEODORO, P. E.; ROSSI, F. S.; SILVA JUNIOR, C. A. The Forests in the Indigenous Lands in Brazil in Peril. **Land Use Policy**, v. 90, p. 104258, 2020.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 3546-3558, 2014.

MARINHO, A. A. R.; GOIS, G. D.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D. ; CORREIA FILHO, W. L. F. ; SANTIAGO, D. D. B. ; SILVA JUNIOR, C. A. D. ; TEODORO, P. E. ; DE SOUZA, A.; CAPRISTO-SILVA, G. F. ; FREITAS, W. K. D. ; ROGÉRIO, J. P. Temporal record and spatial distribution of fire foci in State of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 280, p. 111707, 2021.

MARTINS, P. I.; BELÉM, L. B. C.; SZABO, J. K.; LIBONATI, R.; GARCIA, L. C. Prioritising areas for wildfire prevention and post-fire restoration in the Brazilian Pantanal. **Ecological Engineering**, v. 176, p. 106517, 2022.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MILLER, J. D.; THODE, A. E. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta *Normalized Burn Ratio* (dNBR). **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 1, p. 66-80, 2007.

OLIVEIRA, J. C. F. **Efeitos diretos e indiretos de variáveis meteorológicas na saúde e qualidade de vida da população urbana da cidade de Maceió, AL.** Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, para obtenção de grau de mestre. João Pessoa, PB, 2004.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. D.; CORREIA FILHO, W. L. F.; ALVES, L. E. R.; LYRA, G. B.; GOIS, G.; DA SILVA JUNIOR, C. A. ; SANTOS, P. J.; SOBRAL, B. S. Fire Foci Dynamics and their relationship with socioenvironmental factors and meteorological systems in the state of Alagoas, Northeast Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 10, p. 654, 2020.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; MENDES, D.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SILVA JUNIOR, C. A. D.; GOIS, G.; JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, M. V. ; LYRA, G. B. ; TEODORO, P. E. ; PIMENTEL, L. C. G.; LIMA, M.; SANTIAGO, D. B. ; ROGÉRIO, J. P. ; MARINHO, A. A. R. Fire Foci in South America: Impact and Causes, Fire Hazard and Future Scenarios. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, p. 103623, 2021.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; SHAH, M.; ABBAS, A.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SILVA JUNIOR, C. A. ; SANTIAGO, D. B ; TEODORO, P. E. ; MENDES, D. ; SOUZA, A. ; AVIV-SHARON, E. ; SILVEIRA, V. R.; PIMENTEL, L. C. G.; SILVA, E. B.; HAQ, M. A. ; KHAN, I. ; MOHAMED, A.; ATTIA, E. Spatiotemporal Analysis of Fire Foci and Environmental Degradation in the Biomes of Northeastern Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6935, 2022.

PEREIRA, A. Entenda as diferenças entre queimadas, incêndios florestais e focos de calor. **Governo de Mato Grosso**, 2019. Disponível em:

<<https://www.sesp.mt.gov.br/-/entenda-as-diferencas-entre-queimadas-incendios-florestais-e-focos-de-calor>>. Acesso em: 24 Maio. 2023.

PROCÓPIO, S. D. O.; SANTIAGO, A. D.; CARVALHO, H. W. D. L. Desempenho e Recomendação de Cultivares de Soja BRS para a região dos Tabuleiros Costeiros do Sealba. Aracaju: EMBRAPA, 2017. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172998/1/CIRC-87.pdf>>.

Acesso em: 23 jul. 2022.

PROCÓPIO, S. D. O.; CRUZ, M. A. S.; ALMEIDA, M. R. M. D.; JESUS JUNIOR, L. A. D.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; CARVALHO, H. W. L. D. Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 62, 2019. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 000).

RIBEIRO, L. C. D. S.; LÔBO, A. S.; SILVA, L. D. D.; ANDRADE, N. F. S. Padrões de crescimento econômico dos municípios do MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, 2020.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SANTOS, I. G. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; SOUSA, F. A. S.; BARBOSA, I. I. Previsão de Focos de Calor na Região Metropolitana de Maceió Utilizando Rede Neural Artificial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, p. 2313-2326, 2022.

SHIMAKURA, S.E. Coeficiente de determinação. 2006. Disponível em:

<<http://leg.ufpr.br/~silvia/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SILVA, E. M. S.; CORREIA FILHO, W. L. F.; GOMES, H. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. de; FALCÃO, N. A. M.; COSTA, M. S.; GOIS, G. Espaço-Temporalidade dos Focos de Calor na Região Metropolitana de Maceió. **Revista Brasileira de**

Meteorologia, v. 35, p. 1029-1043, 2021.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 250, 2007.

SOUZA, A.; ABREU, M. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. DE; FERNANDES, W. A.; SOUZA, D. M.; SILVA, S. D.; SANTOS, C. M.; SILVA, E. B. Generalized models and the impacts of population density on COVID-19 transmission. **Journal Health NPEPS**, v. 6, p. 1-23, 2021.

VASCONCELOS, S. S. D.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. D. A.; SILVA, P. R. T. D.; DIAS, D. V. Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 134-144, 2015.

VERDOLIN, D.R.; ALVES, A. F. Responsabilidade social: perspectivas para o agronegócio. **Organizações Rurais e Agroindustriais/Rural and Agro-Industrial Organizations**, v. 7, n. 1511-2016-131266, p. 103-113, 2005.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T.; FERNANDES, P. A. M. Development of a fire danger index for Eucalypt plantations in the northern coast of Bahia, Brazil. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 601-610, 2013.