



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**DAVI CAVALCANTE HORTÊNCIO**

**ANÁLISE TÊMPORO-ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR E DOS PERIGOS DE  
INCÊNDIO FLORESTAL NO ESTADO DO CEARÁ SOB A PERSPECTIVA DA  
ATIVIDADE AGROPECUÁRIA**

**FORTALEZA**

**2022**

**DAVI CAVALCANTE HORTÊNCIO**

**ANÁLISE TÊMPORO-ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR E DOS PERIGOS DE  
INCÊNDIO FLORESTAL NO ESTADO DO CEARÁ SOB A PERSPECTIVA DA  
ATIVIDADE AGROPECUÁRIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Cleiton da Silva Silveira

**FORTALEZA**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- H81a Hortêncio, Davi Cavalcante.  
Análise têmporo-espacial dos focos de calor e dos perigos de incêndio florestal no Estado do Ceará sob a perspectiva da atividade agropecuária / Davi Cavalcante Hortêncio. – 2022.  
53 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira.
1. Incêndios florestais. 2. Focos de calor. 3. Agropecuária. I. Título.

CDD 628

---

DAVI CAVALCANTE HORTÊNCIO

**ANÁLISE TÊMPORO-ESPACIAL DOS FOCOS DE CALOR E DOS PERIGOS DE  
INCÊNDIO FLORESTAL NO ESTADO DO CEARÁ SOB A PERSPECTIVA DA  
ATIVIDADE AGROPECUÁRIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profº Dr. Cleiton da Silva Silveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Marx Vinicius Maciel da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Engº Carlos Eduardo Sousa Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais e minha família.

Aos amigos da vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda a fé que depositei nele e toda a força que recebi em troca para superar qualquer desafio durante a graduação.

À minha família por ter me apoiado em toda minha trajetória, vocês são a minha base, obrigado por tanto!

Ao meu professor orientador Dr. Cleiton da Silva Silveira pela parceria e por ter me guiado na execução deste trabalho, sempre dando dicas e ideias interessantes sobre o tema.

Aos amigos que se fizeram mais presentes durante a minha graduação e me ajudaram bastante: Mateus de Alcântara (Ralph), Ivana Lopes, Charles Miller, Amanda Ingrid, Abner Aires, Letícia Jorge, Paulo Vinicius, Vanessa Simões, Letícia Xavier, Matheus Teixeira, Flávio Lucas, Aline Castro, Francisco Thalysson, Maria Helena, Camila Castelo, Gabriel Henrique, Igor Silva, Jorge Andrade, Jeftael Lima, João Pedro, Felipe Ribeiro, Davi Belezia, Rodrigo de Lima, Igor Moraes, Matheus Maciel, Christian Arthur, Marília Martins e Suiane Albuquerque.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, do curso de Inglês da Casa de Cultura Britânica e do curso de Espanhol da Casa de Cultura Hispânica da UFC pelos conhecimentos transmitidos nos últimos anos.

Aos amigos das Casas de Cultura Britânica e Hispânica que trilharam esse caminho de fluência no idioma junto a mim, tornando tudo mais leve e divertido: Beatriz Carvalho, Débora Mendes, Isabella Fernandes, Bruno Saunders, Lucas Cruz e Davi Torres.

Ao Grupo de Pesquisas em Tecnologias Ambientais (GPTA) do Laboratório de Saneamento (LABOSAN) da UFC por todos os ensinamentos em tratamento de esgotos durante o período de iniciação científica de 2018 a 2020: Rebeca Holanda, Gabriel Alesandro, Plínio Barbosa, Camylla Rachele, Gilmar Nascimento, Amanda Barros, Ricardo Mendes, José Marcos, Maurício Oliveira, Milena Kelly, Francisco Florêncio, Andrea Gisele, Lorayne Oliveira, André Bezerra, Paulo Igor e Marcos Erick. Agradeço especialmente à Jéssyca Freitas e ao Kléber Júnior que foram meus orientadores.

À geração da Enactus UFC de 2018 a 2020: Fernanda Pantuzzi, Espedito Roza, Anderson Diógenes, Sophia Marinho, Ernandes Gadelha, Rafael Douglas, Rachel Carvalho, Mateus Melgueiro, Ester Viana, Emilly Mota, Nívea Morais, Larissa Almeida, Tayná Mendes, Rafaela Pantuzzi, Ismária Vasconcelos, Giuliana Arrais, Ramon Lopes, Júnior Silva, Virgínia Lira, Érica do Vale, Adriano Feitosa, Natascha Alves, Nádia Carvalho, Evelyn Braga, Jardiana Galvão, Marcelo Henrique, por tantas experiências boas compartilhadas ao longo dos anos e dos projetos de empreendedorismo social desenvolvidos, bem como a oportunidade de desenvolver habilidades importantes e que não são vistas nas disciplinas da graduação.

À todos da equipe de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade da Central Geradora Termelétrica Fortaleza: Hemílio Martins, William Abreu, Ítalo Rolim, Pedro Werbest e Gabriel Alesandro pela oportunidade de estágio e pela orientação e confiança depositada nas atividades e responsabilidades delegadas que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

Aos amigos que conheci no Instituto Verdeluz: Kali Ribeiro, Andreia Lopes, Náira Le Bolloch, Ruth Lima, Thaís Santos, Liana Queiroz, Igo Aguiar, Victória Maria, Alh Rault, Catherine Prado, Raiane Machado, Nilo Lima, Ana Vitória, Zaíra Perazo e Miguel por todo o aprendizado e vivência dentro de uma ONG que trabalha com educação ambiental em Fortaleza.

Aos amigos do colégio, da faculdade, dos jogos de futebol, dos bares, da vida! Vocês que me ajudaram em alguma fase da graduação e contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu me formasse, muito obrigado!

## RESUMO

Os incêndios florestais constituem um problema ambiental grave e antigo no Brasil. Normalmente um incêndio começa a partir de um pequeno foco de calor que tende a se expandir. Seus efeitos destrutivos prejudicam principalmente, a flora, a fauna e a saúde humana. A queima controlada é permitida em alguns casos, como os locais de práticas agropastoris, conforme a legislação vigente. Porém, quando foge do controle do homem, surgem os incêndios. No Ceará, o clima semiárido característico de escassez e irregularidade pluviométrica aumenta o perigo de incêndio e afeta a produtividade da agricultura de sequeiro na região. Pela praticidade, o produtor rural persiste em utilizar o fogo na preparação do terreno para o plantio, especialmente na agricultura familiar. Neste trabalho foi realizada uma análise têmporo-espacial dos focos de calor e dos perigos de incêndio florestal no estado do Ceará sob a perspectiva da atividade agropecuária no período de 2017 a 2018. Como resultado, o Ceará apresentou um grau de perigo de incêndio preocupante na maior parte dos anos e a ocorrência de incêndios no Estado prevaleceu nos segundos semestres, quando o perigo de incêndio foi ainda maior. Os avanços das áreas exploradas pela agropecuária ocasionam queimadas, muitas vezes registradas como focos de calor, podendo ocasionar incêndios florestais. Os focos de calor registrados em 2017 e 2018 no Ceará concentraram-se mais em áreas de floresta ou de outra classificação que estão próximas às áreas de atividade agropecuária.

**Palavras-chave:** Incêndios florestais, focos de calor, agropecuária.



## ABSTRACT

Forest fires are a serious and long-standing environmental problem in Brazil. Normally a fire starts from a small heat source that tends to expand. Its destructive effects mainly harm flora, fauna and human health. Controlled burning is allowed in some cases, such as places where agropastoral practices are carried out, in accordance with current legislation. However, when it escapes from human control, fires arise. In Ceará, the characteristic semi-arid climate of scarce and irregular rainfall increases the danger of fire and affects the productivity of rainfed agriculture in the region. Due to its practicality, the rural producer persists in using fire in preparing the land for planting, especially in family farming. In this work, a temporal-spatial analysis of hot spots and forest fire dangers in the state of Ceará was carried out from the perspective of agricultural activity in the period from 2017 to 2018. As a result, Ceará presented a worrying degree of fire danger in most years and the occurrence of fires in the State prevailed in the second half of the year, when the danger of fire was even greater. The advance of areas exploited by agriculture and livestock causes fires, often recorded as hot spots, which can lead to forest fires. The hot spots registered in 2017 and 2018 in Ceará were more concentrated in areas of forest or other classification that are close to areas of agricultural activity.

**Key-words:** Forest fires, hotspots, farming.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Estação chuvosa (à esquerda) e estação seca (à direita).....	24
<b>Figura 2</b> - Mapa de localização do estado do Ceará.....	27
<b>Figura 3</b> - Mapa dos postos pluviométricos ativos no Ceará.....	28
<b>Figura 4</b> - Mapa das macrorregiões pluviometricamente homogêneas do Ceará.....	28
<b>Figura 5</b> - Mapa dos pluviômetros ativos nos oito municípios escolhidos.....	29
<b>Figura 6</b> - Mapa dos oito pluviômetros escolhidos.....	31
<b>Figura 7</b> - Mapa das estações automáticas nos municípios cearenses escolhidos.....	33
<b>Figura 8</b> - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2017 nos municípios cearenses escolhidos.....	35
<b>Figura 9</b> - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2018 nos municípios cearenses escolhidos.....	36
<b>Figura 10</b> - Mapa de cobertura e uso da terra no Ceará em 2017.....	37
<b>Figura 11</b> - Mapa de cobertura e uso da terra no Ceará em 2018.....	38
<b>Figura 12</b> - Mapa de estabelecimentos agropecuários por município cearense em 2017.....	41
<b>Figura 13</b> - Mapa do percentual de estabelecimentos caracterizados como de agricultura familiar em relação ao total de estabelecimentos por municípios cearenses em 2017.....	41
<b>Figura 14</b> - Registro de ocorrências de focos de calor no Ceará em 2017.....	42
<b>Figura 15</b> - Registro de ocorrências de focos de calor no Ceará em 2018.....	43
<b>Figura 16</b> - Registro de ocorrências de incêndios no Ceará em 2017 e 2018.....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Principais índices de perigo de incêndio encontrados na literatura.....	21
<b>Tabela 2</b> - Fórmula de Monte Alegre.....	22
<b>Tabela 3</b> - Restrições ao cálculo da FMA baseadas na precipitação diária.....	23
<b>Tabela 4</b> - Escala que estabelece o grau de periculosidade de incêndios de acordo com os índices da FMA.....	23
<b>Tabela 5</b> - Localização dos oito pluviômetros escolhidos.....	30
<b>Tabela 6</b> - Localização das estações automáticas para os municípios cearenses escolhidos.....	32
<b>Tabela 7</b> - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2017 nos municípios cearenses escolhidos.....	35
<b>Tabela 8</b> - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2018 nos municípios cearenses escolhidos.....	35
<b>Tabela 9</b> - Códigos das classes de cobertura e uso da terra utilizados na Coleção 7 do projeto MapBiomas para o estado do Ceará em 2017 e 2018.....	36
<b>Tabela 10</b> - Área ocupada por Floresta, Agropecuária e Outra Classificação em hectares, por município cearense escolhido nos anos de 2017 e 2018.....	39
<b>Tabela 11</b> - Área em hectares ocupada por Floresta e Outra Classificação em transição para a Agropecuária, por município cearense escolhido.....	40
<b>Tabela 12</b> - Quantidade de focos de calor registrados em 2017 por município cearense escolhido.....	43
<b>Tabela 13</b> - Quantidade de focos de calor registrados em 2018 por município cearense escolhido.....	44
<b>Tabela 14</b> - Quantidade de ocorrências de incêndios em vegetação no Ceará registrados pela CIOPS em 2017 e 2018.....	46
<b>Tabela 15</b> - Média dos dois anos consecutivos (2017-2018) da quantidade de dias para cada classe e avaliação de cada município quanto à média calculada.....	49

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Gerais.....	15
2.2. Específicos.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1. Incêndios florestais no Brasil.....	16
3.1.1. Problemática do uso do fogo.....	16
3.1.2. Legislação brasileira relativa às queimadas e aos incêndios florestais.....	17
3.1.3. Monitoramento de focos de calor por imagens de satélites.....	18
3.2. Incêndios florestais no Ceará.....	19
3.3. Índice de perigo de incêndio.....	21
3.4. Produção agrícola e pecuária do Ceará.....	24
4. METODOLOGIA.....	26
4.1. Abordagem metodológica.....	26
4.2. Caracterização da área de estudo.....	26
4.3. Obtenção e análise dos dados.....	28
4.3.1. Precipitação pluviométrica.....	28
4.3.2. Umidade relativa do ar.....	31
4.3.3. Fórmula de Monte Alegre.....	34
4.3.4 Dinâmica de uso e cobertura da terra.....	36
4.3.5. Atividade agropecuária.....	40
4.3.6. Focos de calor.....	42
4.3.7. Registros de ocorrência de incêndios.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1. Relação entre focos de calor e atividade agropecuária.....	46
5.2. Relação entre perigo e ocorrência de incêndio.....	48
6. CONCLUSÃO.....	50
7. REFERÊNCIAS.....	51

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os incêndios florestais constituem um dos problemas ambientais mais recorrentes, com impactos fortes e duradouros. Sua ação destruidora ameaça a biodiversidade nacional e agrava o cenário climático mundial bastante preocupante nos últimos anos, com o aumento do aquecimento global (FERREIRA FILHO; ARAÚJO, 2021).

Além dos danos causados à biota, aos recursos hídricos, ao solo e à atmosfera, os incêndios em vegetação também provocam prejuízos à saúde humana, com perdas de vidas, e afetam a economia, com custos para apagar os incêndios e recuperar as áreas degradadas por eles (SANTOS, 2004).

A maioria desses incêndios são iniciados em decorrência de alguma atividade humana, muitas vezes por falta de conhecimento dos perigos envolvidos na manipulação do fogo. Segundo Almeida (2002), no Brasil não existe uma cultura voltada para a prevenção de riscos, principalmente os riscos de incêndio. Nesse sentido, uma análise têmporo-espacial dos perigos de incêndio pode ajudar na construção de uma cultura de prevenção de riscos ou no aumento da percepção desses riscos, como uma forma de educação ambiental.

Os incêndios florestais no Brasil alcançam todos os anos dimensões gigantescas, com enormes dificuldades para seu controle em todo o território nacional. São registrados, aproximadamente, 200 mil focos de incêndio por ano, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), principal órgão federal atuante no monitoramento desses focos. O Brasil é o líder entre os países da América do Sul em ocorrências de focos de incêndio e o bioma Caatinga é o terceiro mais afetado entre os seis biomas presentes no País (INPE, 2022).

Além disso, as condições meteorológicas de algumas épocas do ano e de algumas regiões do Brasil podem contribuir com a propagação do fogo. O bioma Caatinga, por exemplo, no qual o estado do Ceará está totalmente inserido, apresenta um clima quente e seco que favorece a disseminação das queimadas. Portanto, conhecer os locais e os períodos do ano mais propícios à ocorrência de incêndios é essencial para prevenir desastres dessa natureza (ALVES, 2021).

Exclusivamente brasileiro, a Caatinga é reconhecida no mundo todo pela sua diversidade, possuindo mais de 5000 espécies, sendo 4963 espécies da flora e 1182 espécies da fauna (BRASIL, 2022). Todavia, a degradação desse bioma é fomentada pelas práticas agropastoris, comuns nas zonas rurais. Os produtores rurais avançam sobre as florestas devido à expansão urbana e ateiam fogo nessas áreas nativas para estabelecer campos agrícolas ou criar pastos para a alimentação do gado (SILVA, 2020).

O funcionamento desse modelo exploratório de desenvolvimento da região implica em consequências graves para o ambiente, podendo ser irreversíveis, como a perda da biodiversidade local. Embora a queimada seja uma técnica agrícola dominada há bastante tempo, é bem comum perder o seu controle e acabar provocando incêndios florestais por acidente (CNRBC, 2004 apud SOUZA, 2016).

As queimadas são mais frequentes em áreas ocupadas pela agricultura familiar ou agricultura de subsistência, porque a maioria desses agricultores não possuem recursos financeiros para adquirir máquinas que fazem o preparo da terra para o plantio, sem queimá-la. Além disso, o uso do fogo está fortemente ligado à questão cultural e à disseminação de saberes populares (LIMA; JUNIOR, 2022).

A fim de conhecer os locais com maiores incidências de focos de calor no Ceará, Gomes (2010) analisou a ocorrência de focos de calor no Estado em 2000, 2005 e 2009. Esse artigo revelou que a Macrorregião de Planejamento do Cariri-Centro Sul possui o maior número de registros de focos de calor.

Com o objetivo de avaliar a relação entre a atividade agropecuária e a ocorrência de focos de calor, Souza (2016) tentou estabelecer uma correlação entre as áreas plantadas, o tamanho dos rebanhos e o número de focos de calor registrados na Área de Proteção Ambiental (APA) Chapada do Araripe no período de 2007 a 2014. Essa APA engloba 15 municípios cearenses, todos eles pertencentes à Macrorregião de Planejamento do Cariri-Centro Sul (IPECE, 2022). Entretanto, não foi observada nenhuma correlação significativa entre o crescimento do setor agropecuário e o aumento dos focos de calor na Chapada do Araripe.

Buscando identificar os períodos mais propícios para a ocorrência de incêndios, Pessoa (2017) avaliou o perigo de incêndio no estado do Ceará no intervalo de 2011 a 2015. Esse estudo mostrou que os meses do segundo semestre são os mais alarmantes quanto ao risco de incêndio e salientou que a região que apresentou maior perigo de incêndio localiza-se no centro do Ceará, coincidindo com a região de maior incidência de focos de calor, conforme exposto por Gomes (2010).

Diante disso, o presente trabalho buscou continuar os estudos realizados por Gomes (2010), Souza (2016) e Pessoa (2017), mapeando os focos de calor ocorridos no Ceará de 2017 a 2018, avaliando o perigo de incêndio e a produção agropecuária no período proposto. Os resultados que forem obtidos auxiliarão os órgãos de segurança ambiental na gestão das atividades de prevenção, monitoramento e combate aos incêndios florestais do Estado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Gerais**

Este estudo objetiva realizar uma análise têmporo-espacial dos focos de calor e do perigo de incêndio no estado do Ceará, bem como verificar se existe alguma relação com as áreas ocupadas pela agropecuária.

### **2.2 Específicos**

- Mapear e quantificar as ocorrências de focos de calor no estado do Ceará entre 2017 e 2018 e verificar se coincidem com as localizações e as dimensões das áreas ocupadas pelos produtores rurais;

- Analisar qual macrorregião pluviometricamente homogênea do estado do Ceará apresentou maior perigo de incêndios florestais no período de 2017 a 2018.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Incêndios florestais no Brasil**

##### **3.1.1. Problemática do uso do fogo**

O descobrimento do fogo foi fundamental para o desenvolvimento das civilizações ao longo da evolução humana, porque para cada avanço tecnológico há um acontecimento envolvendo incêndio. Após seu domínio, o seu uso propiciou maior segurança e conforto em épocas primitivas. Com o passar dos anos, novos métodos de obtenção do fogo foram desenvolvidos, não se limitando apenas aos fatores naturais. Conseqüentemente, o seu uso foi difundido na cidade e no campo para fins diversos (BONITESE, 2007; FIEDLER, 2015).

Com a disseminação do uso do fogo, foram desenvolvidas desde técnicas simples, como o cozimento dos alimentos, até técnicas mais sofisticadas, como o lançamento de foguetes espaciais (BATISTA, 1990 apud SANTOS, 2004). Porém, se mal manejado, seu poder destrutivo é capaz de aumentar a susceptibilidade aos incêndios até dos ecossistemas mais resilientes aos efeitos negativos do fogo (WHITE, 2013).

Entende-se como queimada o uso do fogo controlado e, necessariamente, provocado pelo homem. Ela consiste em uma prática antiga utilizada em vários momentos do sistema de produção agrícola. Já os incêndios florestais consistem no fogo incontrolado que se propaga livremente em qualquer tipo de vegetação, frequentemente motivado por condições climáticas. Tendo origem natural, criminosa ou acidental, eles podem atingir grandes áreas, causando prejuízos enormes ao meio físico, biótico e socioeconômico. No Brasil, a maioria dos incêndios florestais são provocados pela ação antrópica, muitas vezes através de queimadas que fogem do controle do agricultor (DE MIRANDA; DE MORAES; OSHIRO, 2006).

Contudo, a queima controlada é amplamente utilizada em diversas atividades agropecuárias, por exemplo: na renovação de pastagens, no preparo do solo para o plantio, no controle de pragas e nos desmatamentos. Quando controlado, o fogo beneficia o surgimento de novas plantas ao eliminar o excesso de serapilheira, por meio de um processo de decomposição acelerado. Por outro lado, mesmo com o fogo sob controle, essa prática traz malefícios à longo prazo aos ecossistemas florestais, pois ao mesmo tempo em que favorece o crescimento de espécies específicas, também extermina as outras espécies de plantas que são menos adaptáveis ao fogo. Nesse contexto, os efeitos das queimadas podem ser considerados prejudiciais ou



benéficos, dependendo da sua intensidade, duração e frequência (RIBEIRO; SOARES, 1998 apud WHITE, 2013).

Num primeiro momento, as queimadas facilitam o trabalho dos produtores rurais, trazendo benefícios rápidos, mas, com o passar do tempo, o uso indiscriminado do fogo pode gerar incêndios florestais que constituem uma forma de destruição da biodiversidade, modificando a paisagem e afetando o equilíbrio do ecossistema local. Conhecer as causas das ignições é fundamental para estabelecer leis, normas e planos de prevenção, manejo e combate aos incêndios (LOPES, 2018).

### **3.1.2. Legislação brasileira relativa às queimadas e aos incêndios florestais**

No Brasil, as queimadas e os incêndios florestais não representam um problema recente, pois já na elaboração do primeiro Código Florestal Brasileiro em 1934 (Decreto nº 23.793/34) fora proibido o uso do fogo em qualquer tipo de vegetação, sendo considerado um crime florestal (BRASIL, 1934).

Entretanto, a restrição do uso do fogo em todos os tipos de vegetação não era o ideal, em razão de as queimadas serem práticas usuais e de baixo custo financeiro para os produtores rurais. De fato, em 1965, foi sancionado o novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/65), no qual a queima controlada passou a ser permitida pelo Poder Público em práticas agropastoris ou florestais, conforme explica o parágrafo único do artigo 27º dessa mesma lei (BRASIL, 1965).

Posteriormente, tal parágrafo foi regulamentado pelo Decreto nº 2661 de 1998, mediante a instauração de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais. Além disso, em seus artigos 2º e 3º foram definidas as situações nas quais a queima controlada é autorizada pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Com isso, várias medidas de proteção foram exigidas aos agricultores, diminuindo o número de incêndios florestais acidentais (BRASIL, 1998).

Ainda em 1998, foram sancionadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a Portaria IBAMA nº 94-N/1998 que regulamenta a sistemática da queima controlada. Anexa à essa Portaria, encontra-se o requerimento a ser preenchido com a intenção de obter a autorização para a queima controlada. No ano seguinte, foi elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) a Portaria MMA nº 345/1999 que dispõe sobre a emissão de autorizações específicas para o uso do fogo como método facilitador do corte de cana de açúcar (IBAMA, 2017).

No artigo 38º do Código Florestal vigente (Lei nº 12.651/2012), as queimas controladas em vegetações são permitidas em locais de práticas agropastoris e florestais que justifiquem o uso do fogo, em Unidades de Conservação, conforme seu plano de manejo conservacionista, e em atividades de pesquisa científica vinculados à projetos de pesquisa devidamente aprovados pelos órgãos competentes. Ademais, no artigo 40º da Lei nº 12.651/2012, é imposto ao Governo Federal o estabelecimento de uma Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Tal determinação deve melhorar a fiscalização e o controle do uso do fogo no País (BRASIL, 2012). Quando não autorizada, a prática indiscriminada de queimadas constitui um crime.

O Decreto-Lei nº 2.848/1940, também conhecido como Código Penal, descreve em seu artigo 250º que provocar incêndio expondo perigo à vida, à integridade física ou ao patrimônio de outras pessoas é considerado crime com pena de reclusão e multa. Se for um crime doloso, o período de reclusão é de três a seis anos, mas se for um crime culposo, a detenção é de seis meses a dois anos (BRASIL, 1940).

Outrossim, a Lei nº 9.605/1998, popularmente conhecida como Lei de Crimes Ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Quem provocar incêndio em mata ou floresta está sujeito à pena de reclusão e multa, conforme informado em seu artigo 41º. Quando doloso, o período recluso é de dois a quatro anos, quando culposo, a retenção é de seis meses a um ano (BRASIL, 1998).

### **3.1.3. Monitoramento de focos de calor por imagens de satélites**

Para que a fiscalização e o controle do uso do fogo sejam efetivos, faz-se necessário uma rapidez na detecção de queimadas e incêndios, a fim de diminuir o tempo de propagação do fogo e combatê-lo no ponto de origem. Dito isso, diversos métodos de detecção de incêndios podem ser executados, como vigilância terrestre, patrulhamento aéreo e monitoramento por imagens de satélites. Dentre os três métodos citados, tanto a vigilância terrestre quanto o patrulhamento aéreo demandam uma complexidade maior em países de grande extensão territorial, como o Brasil. Por isso, o mais indicado é o monitoramento por satélite, por ser mais eficiente e mais barato do que os outros meios (BATISTA, 2004).

A identificação de locais com queima de vegetação é por meio de imagens digitais de sensores em satélites. Esses sensores captam pontos geográficos com temperaturas acima de 47°C e uma área mínima de 900 m<sup>2</sup>. Tais pontos são interpretados como focos de calor. Um incêndio pode gerar um ou vários focos de calor, dependendo da sua dimensão. Normalmente,

um incêndio é iniciado a partir de um pequeno foco que tende a se expandir para todos os lados. Porém, nem todo foco de calor constitui um incêndio, e nem todo incêndio é detectado pelos sensores espaciais (GONTIJO, 2011).

Segundo o INPE, mesmo com a disposição de vários satélites algumas queimadas não são detectadas pelos sensores espaciais por conta de algumas condições que impedem sua identificação, como:

- Frentes de fogo com menos de 30 metros;
- Fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores;
- Nuvens cobrindo a região, exceto as nuvens de fumaça;
- Queimada de pequena duração, ocorrendo entre o horário das imagens disponíveis;
- Fogo em uma encosta de montanha, enquanto que o satélite só observou o outro lado;
- Imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 375 metros, mas chegando a 6 quilômetros (INPE, 2022).

A partir da análise da intensidade e da distribuição espacial dos focos de calor é possível estabelecer relações entre as variáveis físicas, climáticas e antrópicas de diferentes regiões do Brasil e que influenciam a probabilidade de ocorrerem incêndios.

Por exemplo, em São Paulo, de 2009 para 2010 foi registrado um acréscimo no número de focos de queimadas, provavelmente devido à variação do clima. O ano de 2009 foi marcado por uma precipitação pluviométrica acima da média anual, permitindo um crescimento expressivo da vegetação. No ano seguinte, por ter sido atipicamente seco, essa biomassa acumulada ficou mais vulnerável às queimadas, prática agrícola comum associada à colheita da cana de açúcar no Estado, podendo ocasionar incêndios florestais (SANTOS, 2014).

### **3.2. Incêndios florestais no Ceará**

No mundo todo, cerca de 10 milhões de hectares de ecossistemas florestais são danificados por incêndios todos os anos e este número tende a aumentar em diversas regiões do globo, devido ao uso incorreto do fogo como ferramenta agrícola (CURT; RIGOLOTT, 2020).

No Brasil, o bioma Caatinga sofre com queimadas e desmatamentos desde quando o País ainda era uma colônia. Trata-se do bioma semiárido mais biodiverso do mundo, apesar de 80% do seu ecossistema original já ter sido modificado por diversas atividades econômicas com fins agrosilvopastoris e industriais, principalmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos (IBGE, 2019).

Os recursos naturais estão sendo explorados de forma insustentável, a partir da pecuária extensiva e da agricultura intensiva. Se esse tipo de exploração predatória se mantiver em um

ambiente fragilizado e complexo como a Caatinga, poderá ocorrer a formação de extensos núcleos de desertificação no bioma (DA COSTA; CASTRO, 2014).

Situado no bioma Caatinga, o estado do Ceará apresenta alto grau de perigo de incêndio florestal durante todos os meses do ano. Ainda assim, o setor agropecuário cearense, principalmente a agricultura familiar persiste em utilizar o fogo em suas práticas agropastoris (PESSOA, 2017).

No Ceará, as áreas mais atingidas pelos incêndios florestais são terrenos com predominância de vegetação nativa, arbustiva e campos limpos situados, principalmente, em propriedades rurais, unidades de conservação, assentamentos e fragmentos de florestas públicas, comunidades tradicionais e terras indígenas. Nessas áreas, a maioria dos incêndios são ocasionados pela utilização frequente do fogo para limpeza de área, queima de lixo e de restos de colheitas, entre outras atividades culturais do sertanejo cearense (SILVA, 2020).

E, dependendo da época do ano, as condições meteorológicas podem ser favoráveis ou não à ocorrência de incêndios florestais no Ceará. Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), no primeiro semestre há um aumento das chuvas no Estado, umidificando o solo e a vegetação, diminuindo as condições de risco de incêndio. A baixa temperatura e a alta umidade atmosférica, monitoradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), também são fatores que influenciam positivamente na queda do número de focos de calor nesse período. Já no segundo semestre, há uma redução das chuvas, secando o solo e a vegetação, agravando o perigo de incêndio. A alta temperatura e a baixa umidade atmosféricas também contribuem com o crescimento do número de focos de calor nesse período (FUNCEME, 2022).

Em 2004, o Governo do Ceará criou o Programa Estadual de Prevenção, Monitoramento, Controle de Queimadas e Combate aos Incêndios Florestais (PREVINA). O PREVINA conta com a ajuda de parceiros importantes tais como a Coordenadoria Integrada de Operações de Segurança (CIOPS), o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (CBMCE), dentre outros. O PREVINA objetiva a gestão sustentável do meio ambiente, sobretudo na área agricultável para evitar a prática de queimadas na preparação da terra e prevenir a ocorrência de incêndios florestais. Com o correto funcionamento desse programa, é possível sensibilizar os agropecuaristas quanto aos efeitos do uso intensivo do fogo e assim promover a prática de alternativas menos degradantes (FUNCEME, 2022).

### **3.3. Índice de perigo de incêndio**

A noção de risco de incêndio é muitas vezes tratada como sinônimo do termo perigo de incêndio, mas há uma diferença entre os conceitos de perigo e risco. Risco de incêndio significa a probabilidade de ocorrer um incêndio à existência de causas naturais ou antrópicas. Já o perigo de incêndio refere-se ao potencial de dano do incêndio relacionado às condições que favorecem ou não a sua ocorrência. Por exemplo, o perigo de incêndio aumenta quando se acumula biomassa vegetal ou quando não chove, já o risco de incêndio não se altera com esses fatores (LOURENÇO, 2004; SILVA, 2020).

O índice de perigo de incêndio avalia se as condições ambientais estão favoráveis ou não à ocorrência de incêndios. Distribuído em graus de periculosidade, o perigo de incêndio varia de muito alto a nulo. Com esse conhecimento, medidas preventivas podem ser tomadas para se ter um controle do incêndio e combatê-lo de forma eficiente, reduzindo custos, danos e perdas (ALVES; NÓBREGA, 2011).

Vários índices de perigo de incêndio foram desenvolvidos para as diversas regiões do planeta, mas os principais índices encontrados na literatura são descritos na Tabela 1. A maioria desses índices são baseados em variáveis meteorológicas.

**Tabela 1** - Principais índices de perigo de incêndio encontrados na literatura.

Índice de perigo de incêndio	Local que o índice foi desenvolvido	Fatores que irão afetar o grau de perigo de incêndio
Índice de Angstron	Suécia	Temperatura e umidade relativa do ar
Índice Logarítmico de Telecyn	Ex- União Soviética	Temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho
Índice de Nesterov	Rússia	Temperatura e déficit de saturação do ar
Índice de Rodriguez e Moretti	Região Andino Patagônica	Temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e quantidade de dias sem chuva
Fórmula de Monte Alegre (FMA)	Brasil	Umidade relativa do ar e precipitação diária
Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+)	Brasil	Umidade relativa do ar, precipitação diária e velocidade do vento
Fire Weather Index (FWI)	Canadá	Temperatura e umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento
National Fire Danger Rating System (NFDRS)	Estados Unidos	Características do material combustível, teor de umidade do material combustível vivo e morto, velocidade do vento e declividade
Forest Fire Danger Meter (FFDM)	Austrália	Precipitação, evaporação, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar

Fonte: Autor (2022).

Dentre os vários índices existentes no mundo, a análise das suas eficiências em prever a ocorrência de incêndios é o que permite definir qual o índice de perigo de incêndio mais condizente com a realidade de um determinado local ou região. O índice mais adequado é aquele em que um alto grau de perigo de incêndio coincide com uma grande quantidade de focos de calor na região, por exemplo (BRITO, 2021).

A utilização da FMA é indicada para regiões onde a umidade relativa do ar é o fator principal de perigo de incêndio. Essa condição é observada principalmente em locais onde a frequência de incêndios aumenta no segundo semestre do ano, como em grande parte do território brasileiro, incluindo o estado do Ceará (SOARES, 1998).

A FMA utiliza os dados de umidade relativa do ar (H) e quantidade de dias sem chuva (n) para determinar o perigo de incêndio de uma região. A equação utilizada é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2** - Fórmula de Monte Alegre.

<b>Fórmula de Monte Alegre</b>
$FMA = \sum_{n=1}^n (100/H)$
FMA: Fórmula de Monte Alegre H: umidade relativa do ar medida às 13 horas n: quantidade de dias sem chuva maior do que 13 mm

Fonte: Soares e Paez, 1973.

A FMA é um índice cumulativo e seu cálculo é influenciado pelo valor diário de precipitação. Dependendo do volume de chuva, há uma redução do perigo de incêndio. As restrições ao cálculo da FMA são descritas na Tabela 3.

**Tabela 3** - Restrições ao cálculo da FMA baseadas na precipitação diária.

<b>Precipitação diária</b>	<b>Correção na FMA</b>
De 0,0 a 2,4 mm	Não altera / Acumula FMA no dia seguinte
De 2,5 a 4,9 mm	Abater 30% na FMA do dia anterior
De 5,0 a 9,9 mm	Abater 60% na FMA do dia anterior
De 10,0 a 12,9 mm	Abater 80% na FMA do dia anterior
A partir de 13 mm	Interrompe / Recomeça a FMA no dia seguinte

Fonte: Soares e Paez, 1973.

A leitura dos resultados do cálculo da FMA é realizada através de uma escala de perigo de incêndio apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4:** Escala que estabelece o grau de periculosidade de incêndios de acordo com os índices da FMA.

<b>Valor da FMA</b>	<b>Grau de Periculosidade</b>
De 0,0 a 1,0	Nulo
De 1,1 a 3,0	Pequeno
De 3,1 a 8,0	Médio
De 8,1 a 20,0	Alto
A partir de 20,1	Muito Alto

Fonte: Soares e Paez, 1973.

### 3.4. Produção agrícola e pecuária do Ceará

Além de aumentar o perigo de incêndio na região, a ocorrência de dias consecutivos com ausência de precipitação durante a estação chuvosa, também conhecida como veranicos, ocasionam perdas nas safras dos agricultores cearenses, pois a maioria deles pratica a agricultura de sequeiro. Esse modelo de agricultura depende de um volume de chuva considerável na estação chuvosa para o crescimento da cultura plantada não ser prejudicado (ROCHA, 2020).

De fato, os veranicos afetam a produtividade das culturas, dependendo da duração e da fase na qual a planta é mais sensível à ausência de chuvas (CARVALHO, 2000). Por outro lado, o excesso de precipitação também prejudica o plantio, pois diminui a quantidade de nutrientes disponíveis no solo (RANIERI, 1998).

Portanto, esse tipo de cultivo é de alto risco em relação ao seu rendimento e à sua produção. Porém, em regiões de secas frequentes, como o estado do Ceará, a agricultura de sequeiro é muito importante para garantir a segurança alimentar da população cearense, sobretudo nos municípios com mais da metade da sua população vivendo na zona rural (PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018).

A irregularidade das chuvas no Ceará também traz prejuízos à pecuária, pois diminui a oferta de forragem, limitando a produção de gado, principalmente em períodos secos. Mas diferentemente da agricultura, a pecuária é uma atividade mais estável, pois em anos secos a perda da produtividade média da agricultura é de 72% enquanto a perda da produtividade média da pecuária é de apenas 20% (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 2001 apud CÂNDIDO; ARAÚJO; CAVALCANTE, 2005).

A Caatinga é um bioma com características únicas que são favoráveis à produção animal no semiárido cearense, apresentando um elevado potencial pastoril. No entanto, durante a estação chuvosa, a disponibilidade da fitomassa forrageira é pequena, estando fora do alcance dos animais, embora apresente uma ótima qualidade quanto ao valor nutritivo. Já na estação seca, a disponibilidade é elevada devido à queda das folhas das árvores, mas a sua qualidade é péssima (DE ARAÚJO FILHO, 2014).

Esse paradoxo da disponibilidade temporal de forragem na Caatinga é elucidado na Figura 1 elaborada por DE ARAÚJO FILHO (2014).

**Figura 1** - Estação chuvosa (à esquerda) e estação seca (à direita).





Fonte: DE ARAÚJO FILHO (2014).

Aliado às condições ambientais, há o fator comportamental do agropecuarista que persiste em queimar a vegetação para a limpeza do terreno. A longo prazo, essa prática pode afetar o meio ambiente de diversas formas, tal como o empobrecimento do solo. Nesse exemplo, ocorre uma perda de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, tornando a terra imprópria para o plantio. Assim, o produtor rural terá que se deslocar para outras regiões em busca de solos férteis e produtivos (MARTINS, 2017).

O setor agropecuário do Ceará exerce um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, apesar de ser acometido por longos períodos de estiagem, queimadas e êxodo rural. Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o estado do Ceará contribuiu para um crescimento de 16,1% no setor agropecuário nacional entre 2016 e 2019. Mas a maior parte dessa contribuição do Estado é proveniente da agricultura, porque colaborou com uma taxa de crescimento de 20,5% para o País nesse período, enquanto que a pecuária ajudou com uma taxa de crescimento de somente 5,7%, no mesmo triênio (IPECE, 2021).

Segundo o Censo Agropecuário de 2017, cerca de 83% da mão de obra rural do Ceará está voltada para a agricultura familiar, que obteve uma participação de aproximadamente 40% do valor total da produção agrícola e pecuária dos estabelecimentos agropecuários do Estado. Ainda segundo o Censo de 2017, por volta de 47% dos estabelecimentos cearenses adotam práticas agrícolas que incluem o uso do fogo para a renovação de pastagens ou para o preparo da terra para o plantio (IBGE, 2017).

Ainda em 2017, o jornal cearense Diário do Nordeste publicou uma matéria online informando que a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) havia desautorizado o uso do fogo controlado no Ceará no final de junho e que essa decisão vigoraria

até dezembro, justamente no período de estiagem e de maior perigo de incêndio no Estado, com o objetivo de proteger a cobertura florestal da Caatinga (BARBOSA, 2017).

Perante a opinião pública e a imprensa, o produtor rural é o vilão, causando destruição ambiental através das queimadas, mas na visão do produtor essa prática é cultural e benéfica para a sua produção. Nesse contexto, faz-se mister sensibilizar o agropecuarista quanto à conservação da natureza e introduzi-lo à prática de tecnologias alternativas menos degradantes do que as queimadas e que promovem outras formas de manejo e obtenção de renda (DA COSTA; CASTRO, 2014).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Abordagem metodológica**

Os procedimentos metodológicos para análise têmporo-espacial da ocorrência de focos de calor no estado do Ceará foram iniciados com uma revisão bibliográfica do tema em questão, aprofundando-se na problemática do uso do fogo, na legislação brasileira, no monitoramento de focos de calor, nas características dos incêndios florestais no Ceará e nos índices de perigo de incêndio. Já a perspectiva do setor agropecuário cearense foi avaliada pela dinâmica de uso e ocupação da terra, por artigos científicos e mediante indicadores econômicos da região.

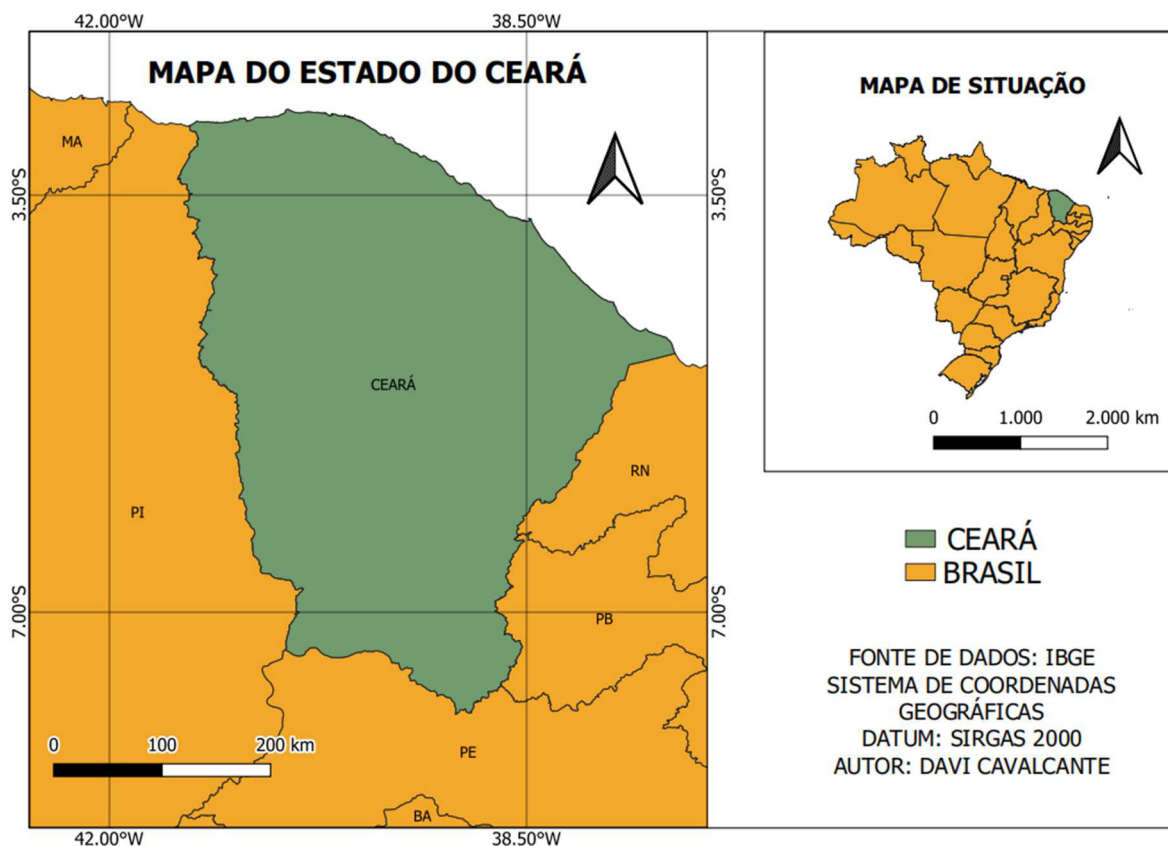
Os dados utilizados neste trabalho foram adquiridos nos principais portais do Governo e do Estado, como: INPE, IBAMA, FUNCEME, INMET, CIOPS, CBMCE, IBGE e Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Em seguida, as informações foram organizadas e analisadas no *software* Excel, com o intuito de verificar possíveis relações com as áreas ocupadas pelas atividades agropecuárias, conforme a classificação do Projeto MapBiomass.

A partir dos mosaicos Landsat são realizadas as classificações que resultam nos mapas de cobertura e uso da terra para cada ano desde 1985. Além disso, o *software* QGIS versão 3.16.4 foi utilizado para o processamento dos dados obtidos e a transformação dos mesmos em mapas temáticos que serão apresentados no presente trabalho.

### **4.2. Caracterização da área de estudo**

A região escolhida para a realização do estudo foi o estado do Ceará, conforme situado na Figura 2.

**Figura 2** - Mapa de localização do estado do Ceará.



O Ceará está situado na região Nordeste do Brasil, limitando-se ao leste com os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, a oeste com o estado do Piauí, ao sul com o estado de Pernambuco, e ao norte com o Oceano Atlântico. Com uma área de aproximadamente 148.886,3 km<sup>2</sup> e com uma divisão de 184 municípios, o clima predominante é o Tropical Quente Semiárido. Esse tipo climático possui características de escassez e irregularidade pluviométrica, associados a altas taxas de evapotranspiração, condições que tornam o Estado susceptível ao fenômeno das secas (IPECE, 2020).

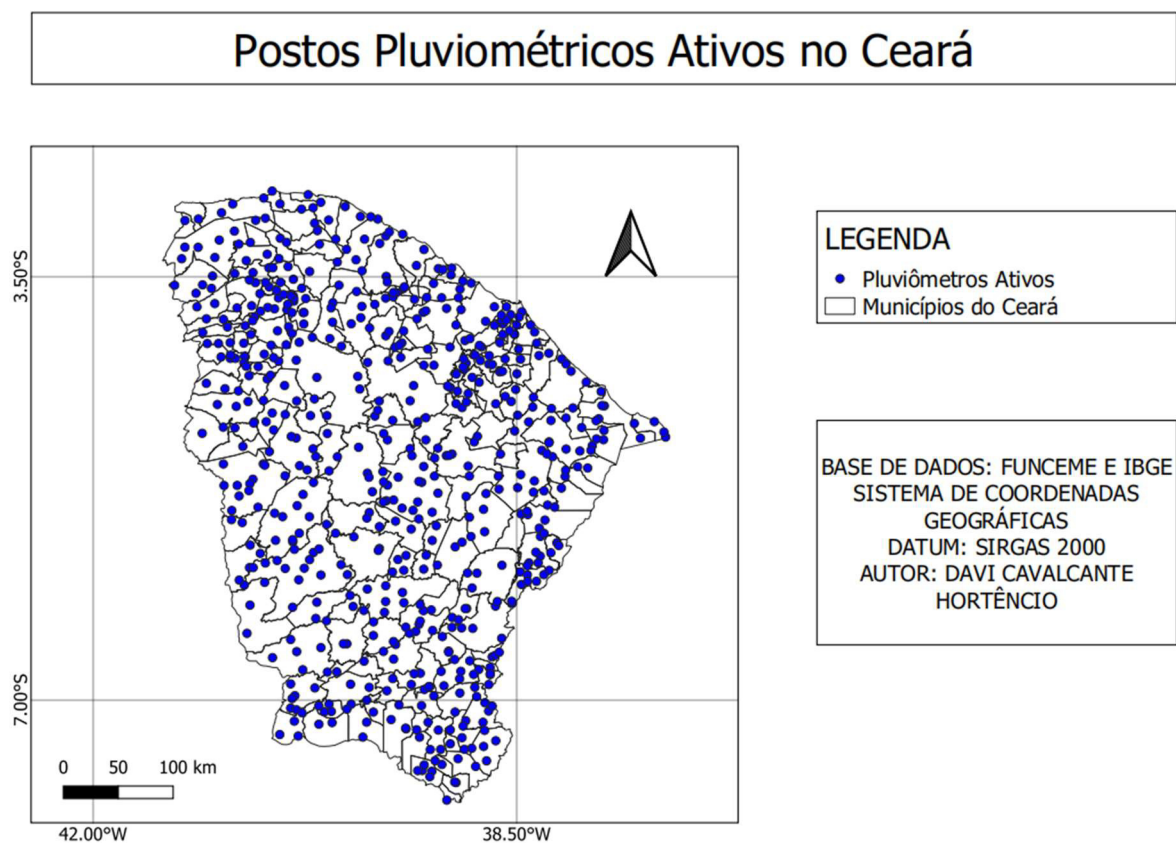
A estação chuvosa do Ceará é definida e compreende os meses de fevereiro a maio, mas os longos períodos de estiagem, como a crise hídrica severa de 2012 a 2016, afetam o setor agropecuário, principalmente a produção de sequeiro. Além disso, a chuva costuma se distribuir de modo diferente sobre todo o Ceará. No entanto, Xavier (2001) definiu 8 macrorregiões pluviometricamente homogêneas, nas quais cada uma delas agrupa um conjunto de municípios que possuem o mesmo padrão de precipitação. As macrorregiões estão divididas em: Litoral Norte (LN), Litoral do Pecém (LP), Litoral de Fortaleza (LF), Cariri (C), Sertão Central e Inhamuns (SCI), Ibiapaba (I), Jaguaribana (J) e o Maciço do Baturité (MB) (XAVIER, 2001 apud ROCHA, 2020).

### 4.3. Obtenção e análise dos dados

#### 4.3.1. Precipitação pluviométrica

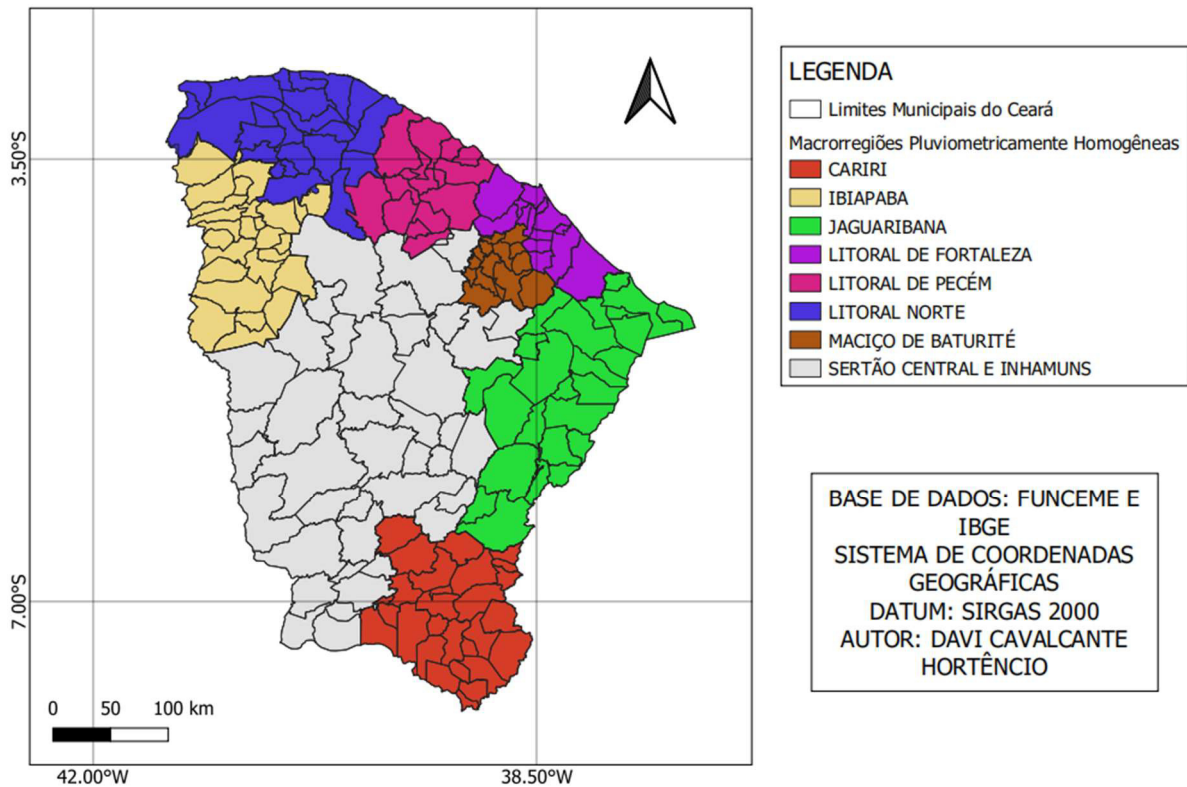
Os dados de precipitação foram coletados do sítio eletrônico da FUNCEME, na aba Calendário de Chuvas, onde é informada a pluviosidade do estado do Ceará a partir de 598 postos pluviométricos ativos distribuídos conforme a Figura 3. No entanto, analisou-se a quantidade de chuva de apenas 8 municípios escolhidos para representar cada uma das macrorregiões pluviometricamente homogêneas do Estado, de acordo com a Figura 4. Ademais, os pluviômetros ativos nos municípios selecionados foram mapeados na Figura 5.

**Figura 3** - Mapa dos postos pluviométricos ativos no Ceará.



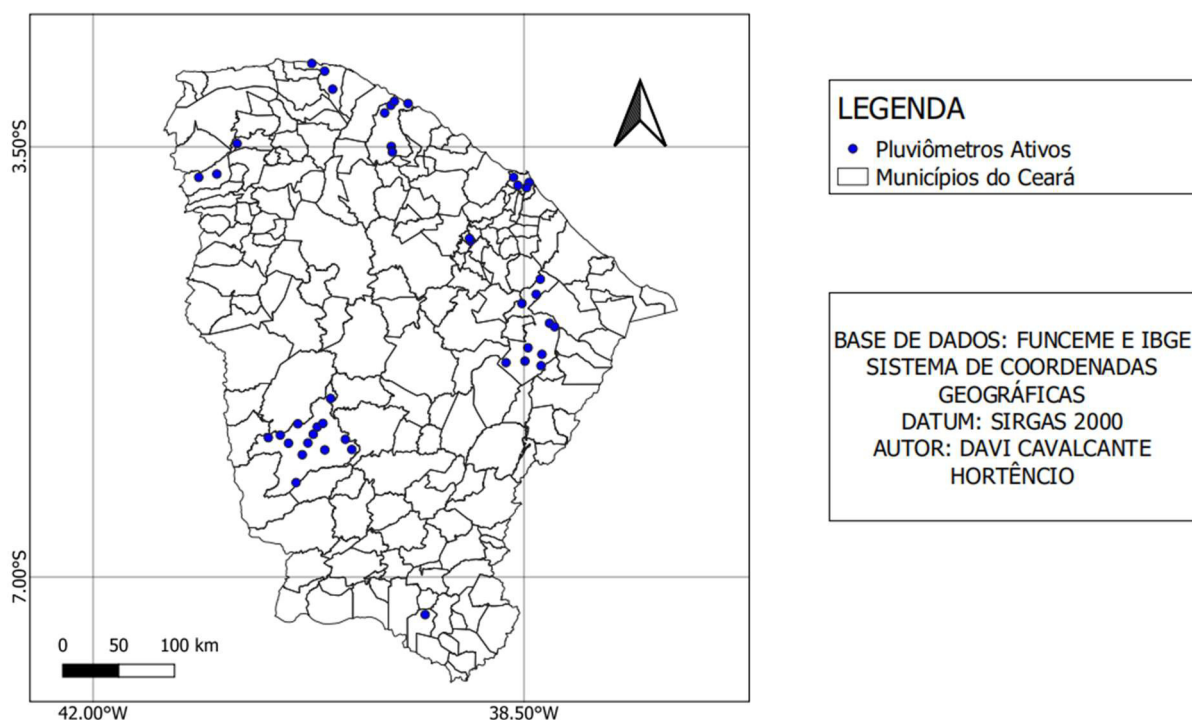
**Figura 4** - Mapa das macrorregiões pluviometricamente homogêneas do Ceará.

# Macrorregiões Pluviometricamente Homogêneas do Ceará



**Figura 5** - Mapa dos pluviômetros ativos nos oito municípios escolhidos.

## Pluviômetros Ativos nos Municípios Cearenses escolhidos



Ao todo, foram mapeados 43 pluviômetros ativos, sendo 3 para o município de Acaraú, 1 para o município de Barbalha, 4 para o município de Fortaleza, 2 para o município de Guaramiranga, 6 para o município de Itapipoca, 10 para o município de Morada Nova, 14 para o município de Tauá e 3 para o município de Tianguá.

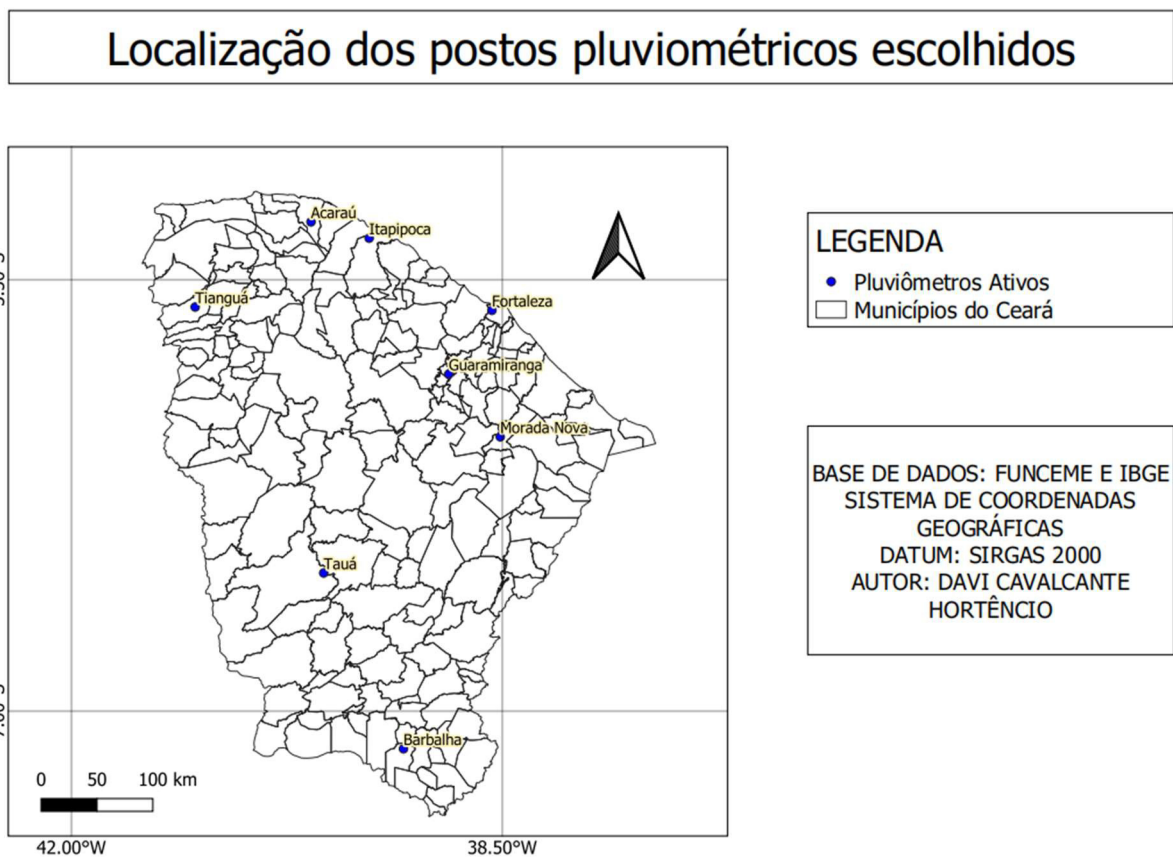
Neste trabalho foram analisados dados de apenas um pluviômetro por município, conforme a Figura 6. Foram selecionados aqueles pluviômetros que somam um volume de precipitação acumulada maior de 2017 até 2018, a fim de garantir maior representatividade. As coordenadas geográficas dos 8 postos pluviométricos correspondentes a cada município foram apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5** - Localização dos oito pluviômetros escolhidos.

Posto	Município	Latitude	Longitude
625	Acaraú	-3.03	-40.05
20	Barbalha	-7.31	-39.30
363	Fortaleza	-3.75	-38.58
54	Guaramiranga	-4.26	-38.93
406	Itapipoca	-3.16	-39.58
432	Morada Nova	-4.77	-38.51
182	Tauá	-5.88	-39.95
143	Tianguá	-3.72	-40.99

Fonte: Adaptado de (FUNCEME, 2017).

**Figura 6** - Mapa dos oito pluviômetros escolhidos.



#### 4.3.2. Umidade relativa do ar

Esses 8 municípios foram selecionados pelo critério de serem os únicos que possuem dados observados de umidade do ar em 2017 e 2018 disponibilizados para baixar do sítio eletrônico do INMET, seguido do critério de apresentarem as coordenadas geográficas das estações meteorológicas automáticas do INMET, seguido do critério de possuir maior área

ocupada por estabelecimentos agropecuários, de acordo com os resultados definitivos do Censo Agropecuário de 2017 realizado pelo IBGE.

Apesar de existirem algumas estações meteorológicas convencionais ainda em funcionamento, a escolha pelas estações automáticas foi priorizada para diminuir o erro humano ao anotar as medições de umidade relativa do ar observadas em campo.

As coordenadas geográficas das estações meteorológicas automáticas correspondentes a cada município foram apresentadas na Tabela 6, com exceção das coordenadas geográficas das estações automáticas dos municípios de Barbalha e Itapipoca, mas como esses municípios são os únicos com as medições de umidade do ar disponíveis para as macrorregiões que eles se encontram, seus dados de umidade do ar foram utilizados mesmo assim.

**Tabela 6** - Localização das estações automáticas para os municípios cearenses escolhidos.

<b>Localização das Estações Automáticas do INMET</b>			
<b>Macrorregião</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Litoral de Fortaleza	Fortaleza	-3.82	-38.54
Maçço de Baturité	Guaramiranga	-4.23	-38.96
Cariri	Barbalha	-	-
Sertão Central e Inhamuns	Tauá	-6.02	-40.28
Jaguaribana	Morada Nova	-5.09	-38.36
Litoral de Pecém	Itapipoca	-	-
Litoral Norte	Acaraú	-3.12	-40.09
Ibiapaba	Tianguá	-3.73	-41.01

**Fonte:** Adaptado de (INMET, 2022).

Os dados meteorológicos disponibilizados no portal do INMET são separados por ano e por município brasileiro. Esses dados disponíveis foram analisados para os municípios de cada macrorregião cearense pluviometricamente homogênea nos anos de 2017 e 2018.

No ano 2017 só estão disponíveis dados de estações automáticas de 14 municípios, dentre os 184 municípios do Estado. Os municípios com dados disponíveis para o ano de 2017 são: Fortaleza, Sobral, Guaramiranga, Barbalha, Iguatu, Tauá, Quixeramobim, Morada Nova, Jaguaruana, Crateús, Campos Sales, Jaguaribe, Itapipoca e Acaraú.

Já para o ano de 2018, existem dados disponíveis para os mesmos municípios do ano anterior com um acréscimo de 2 municípios: Quixadá e Tianguá. Diferentemente das medições de umidade do ar dos 14 municípios citados, as medições de umidade do ar de Quixadá e Tianguá começaram a partir dos dias 20/03/2018 e 15/03/2018, respectivamente.



Para o Litoral de Fortaleza, só mostram dados de umidade do ar do município de Fortaleza, portanto este município foi escolhido.

Para o Maciço de Baturité só exibem medições de umidade do ar do município de Guaramiranga, portanto esse município foi escolhido.

Para o Cariri só mostram dados de umidade do ar do município de Barbalha, portanto esse município foi escolhido.

Para o Sertão Central e Inhamuns (SCI) existem dados de umidade do ar dos municípios de Iguatu, Tauá, Quixeramobim, Crateús, Campos Sales e Quixadá. Os municípios de Quixeramobim e Campos Sales não apresentam as localizações das estações automáticas correspondentes e o município de Tauá possui uma área ocupada por estabelecimentos agropecuários maior do que as áreas ocupadas por estabelecimentos agropecuários dos municípios de Quixadá, Crateús e Iguatu, separadamente. Portanto, o município de Tauá foi escolhido.

Para a Jaguaribana existem dados de umidade do ar dos municípios de Morada Nova, Jaguaruana e Jaguaribe. Entretanto, como o município de Jaguaruana não apresenta a localização da estação automática correspondente e o município de Morada Nova possui uma área ocupada por estabelecimentos agropecuários maior do que a área ocupada por estabelecimentos agropecuários do município de Jaguaribe, foi selecionado o município de Morada Nova.

Para o Litoral de Pecém só existem medições de umidade do ar do município de Itapipoca, portanto esse município foi selecionado.

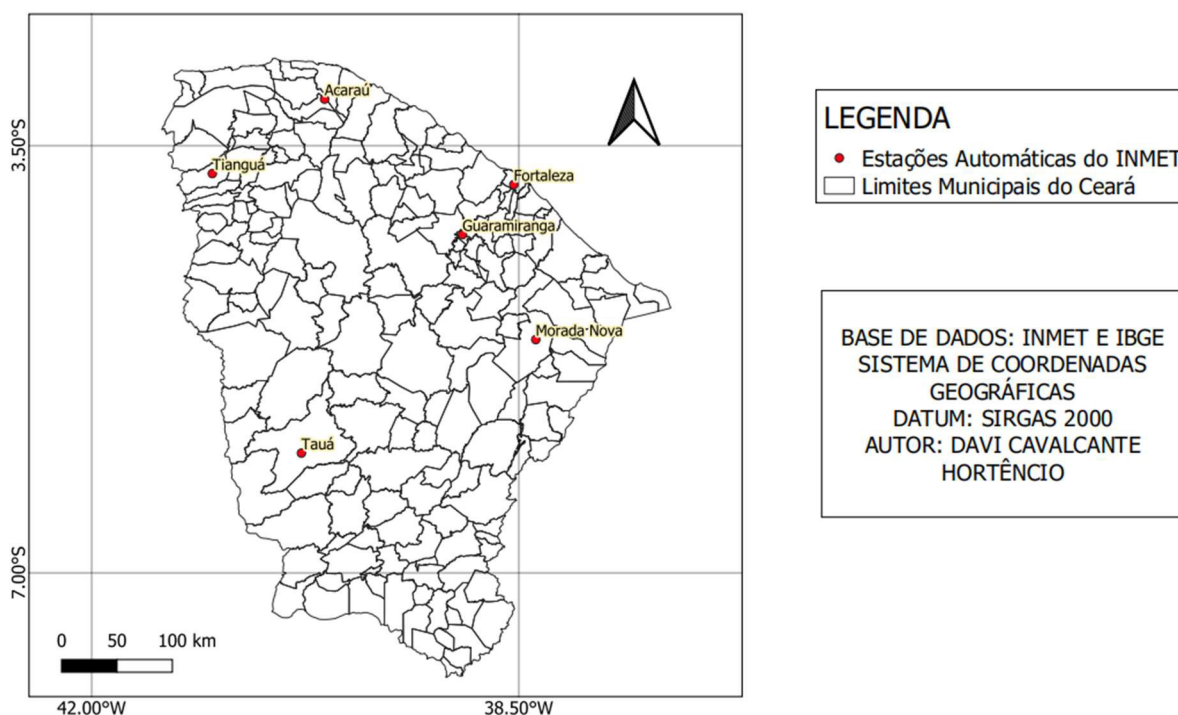
Para o Litoral Norte existem dados de umidade do ar dos municípios de Acaraú e Sobral. Porém, como o município de Sobral não apresenta a localização da estação automática correspondente, o município escolhido foi Acaraú.

Para a Ibiapaba só existem medições de umidade do ar do município de Tianguá, portanto esse município foi selecionado.

O mapa das estações automáticas dos municípios cearenses escolhidos está retratado na Figura 7.

**Figura 7** - Mapa das estações automáticas nos municípios cearenses escolhidos.

## Estações Automáticas nos Municípios Cearenses escolhidos



### 4.3.3. Fórmula de Monte Alegre

A Fórmula de Monte Alegre foi aplicada para cada município cearense escolhido nos anos de 2017 e 2018, conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8 e nas Figuras 8 e 9, nessa ordem.

Algumas medições diárias de umidade do ar de alguns municípios não foram obtidas, talvez por falha no equipamento, erro de calibração ou alguma outra irregularidade. Então, para o cálculo da Fórmula de Monte Alegre foram utilizados apenas os dados diários disponíveis de umidade relativa do ar medida às 13 horas.

O município de Tianguá não apresentou dados de umidade do ar no ano de 2017 e, por isso, não foi possível calcular o perigo de incêndio neste ano, somente em 2018.

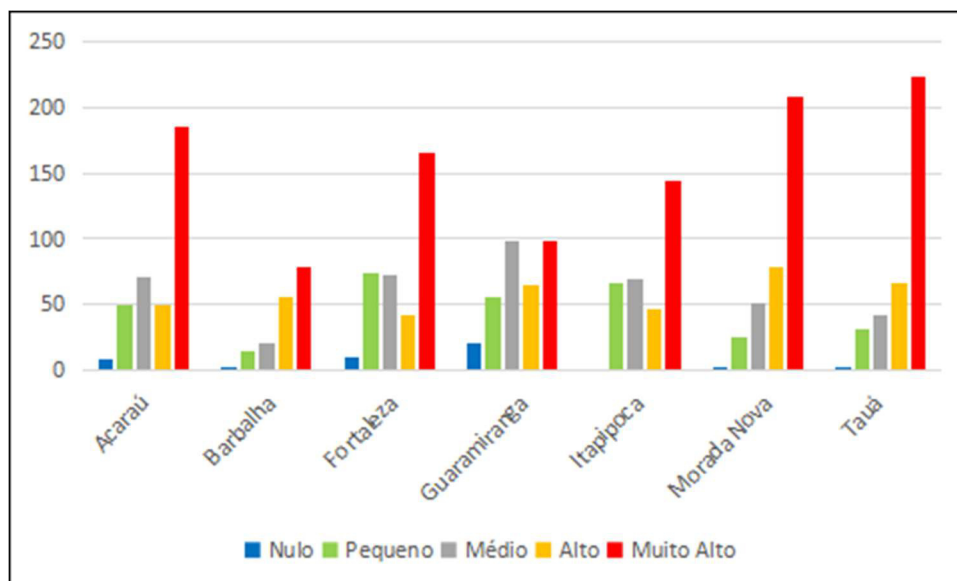
Com exceção de Tianguá, o município de Barbalha foi o que apresentou um menor número de medições diárias de umidade relativa do ar, cerca de 531 medições em 730 dias. Ou seja, muitos dias não puderam ser avaliados quanto ao perigo de incêndio, principalmente em 2017.

**Tabela 7** - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2017 nos municípios cearenses escolhidos.

2017	Acaraú	Barbalha	Fortaleza	Guaramiranga	Itapipoca	Morada Nova	Tauá	Tianguá
<b>Nulo</b>	8	1	10	21	0	1	1	-
<b>Pequeno</b>	50	14	74	55	67	26	32	-
<b>Médio</b>	71	20	72	98	69	51	42	-
<b>Alto</b>	50	55	42	65	46	78	66	-
<b>Muito Alto</b>	186	79	165	99	144	209	224	-

Fonte: Autor (2022).

**Figura 8** - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2017 nos municípios cearenses escolhidos.



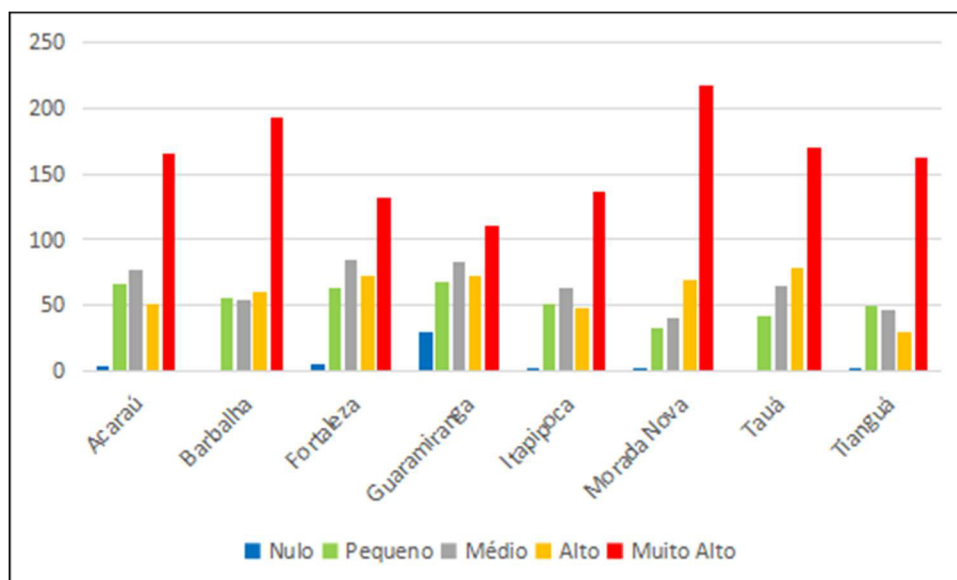
Fonte: Autor (2022).

**Tabela 8** - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2018 nos municípios cearenses escolhidos.

2018	Acaraú	Barbalha	Fortaleza	Guaramiranga	Itapipoca	Morada Nova	Tauá	Tianguá
<b>Nulo</b>	4	0	6	30	2	2	0	2
<b>Pequeno</b>	66	55	63	68	51	33	42	50
<b>Médio</b>	77	54	84	83	63	41	65	47
<b>Alto</b>	51	60	72	73	48	70	79	30
<b>Muito Alto</b>	166	193	132	110	136	217	170	162

Fonte: Autor (2022).

**Figura 9** - Número de dias, por ano, nas classes da Fórmula de Monte Alegre (FMA) para perigo de incêndio em 2018 nos municípios cearenses escolhidos.



Fonte: Autor (2022).

#### 4.3.4. Dinâmica de uso e cobertura da terra

Os dados de cobertura de área florestal e área de agropecuária foram obtidos da Coleção 7 do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (Map Biomas). Essa coleção foi publicada no sítio eletrônico do MapBiomas em agosto de 2022, com 27 classes de legendas cobrindo o período de 1985 a 2021.

Foram disponibilizadas imagens em formato *GeoTiff* e processadas como dados *raster* no QGIS. Com o auxílio desse *software*, as imagens foram recortadas para o território cearense. Em seguida foram obtidos os valores dos pixels que representam um tipo de uso e ocupação específico do solo. Os códigos das classes de cobertura e uso da terra no Ceará em 2017 e 2018, segundo a classificação do projeto MapBiomas são apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9** - Códigos das classes de cobertura e uso da terra utilizados na Coleção 7 do projeto MapBiomas para o estado do Ceará em 2017 e 2018.

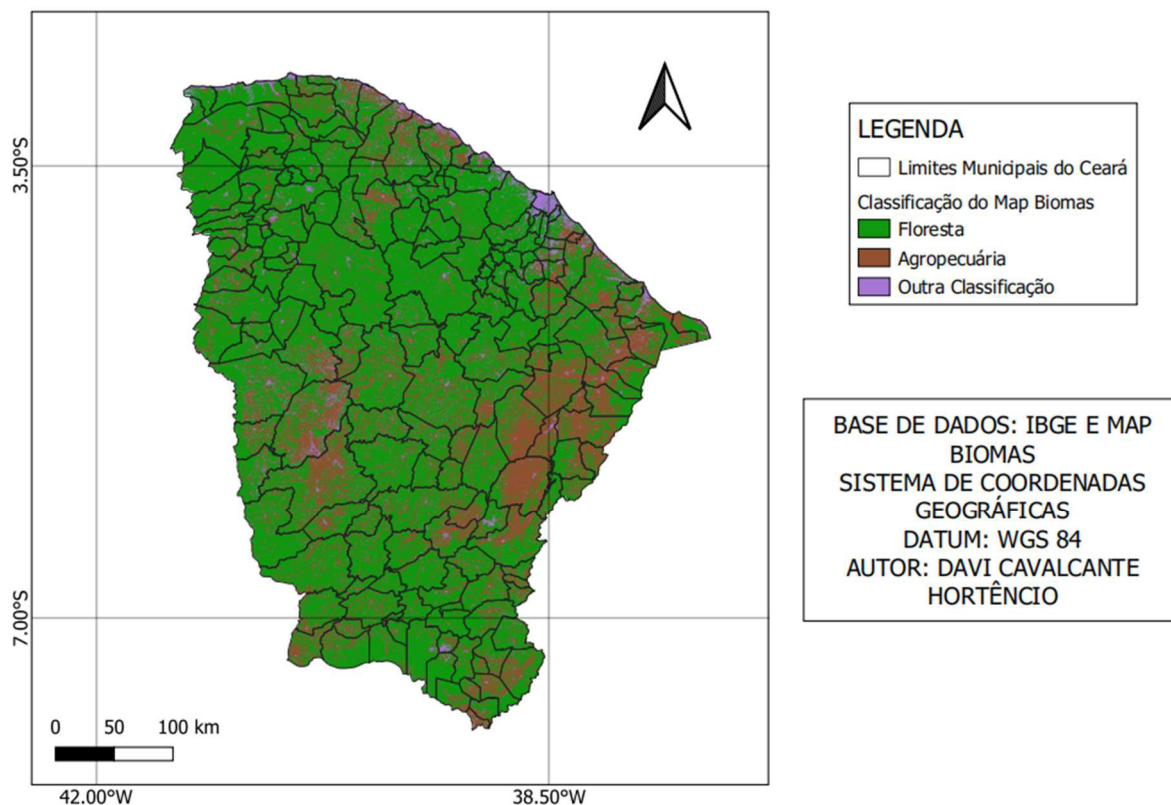
Valor do pixel (código)	Legenda
3	Formação Florestal
4	Formação Savânica
5	Mangue
9	Silvicultura
12	Formação Campestre
15	Pastagem
21	Mosaico de Usos
23	Praia, Duna e Areal
24	Área Urbanizada
25	Outras Áreas Não Vegetadas
29	Afloramento Rochoso
30	Mineração
31	Aquicultura
32	Apicum
33	Rio, Lago e Oceano
39	Soja
41	Outras Lavouras Temporárias
48	Outras Lavouras Perenes
49	Restinga Arborizada
50	Restinga Herbácea

Fonte: Adaptado de (Projeto MapBiomias, 2022).

E os mapas elaborados com essa mesma classificação são apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

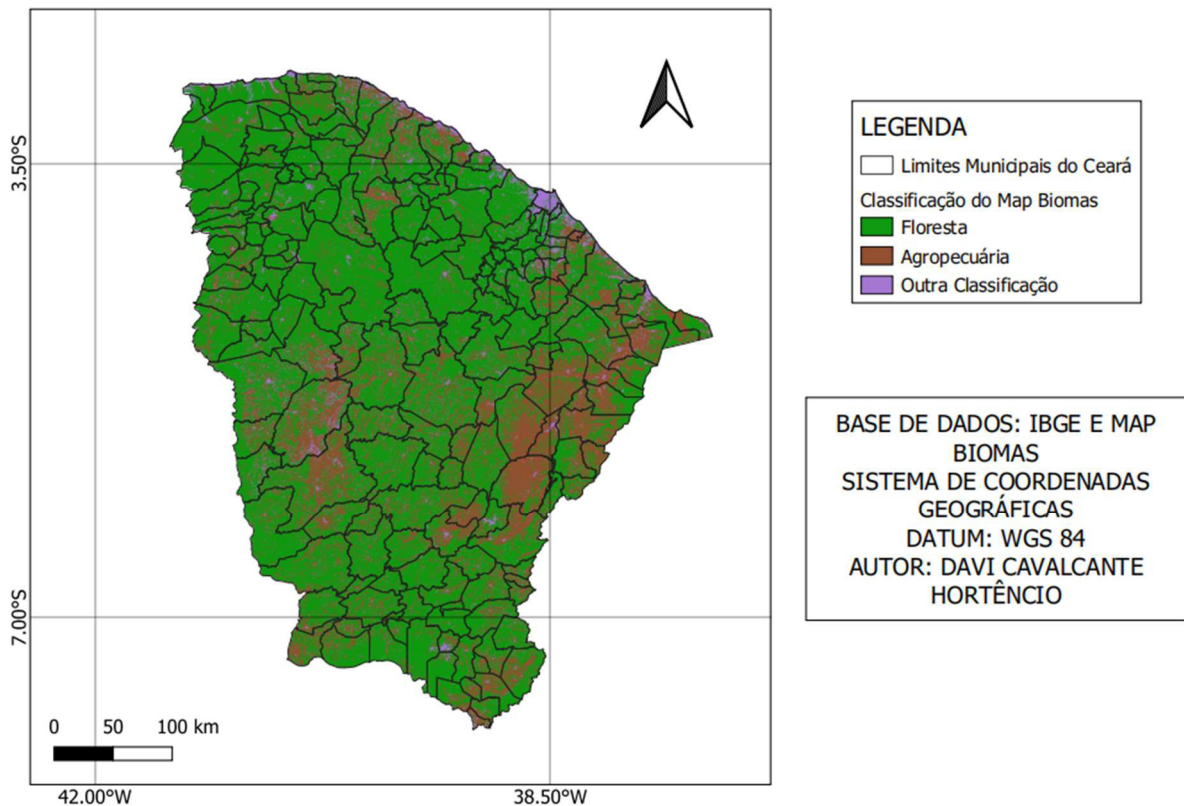
**Figura 10** - Mapa de cobertura e uso da terra no Ceará em 2017.

Classificação do Map Biomas quanto à Cobertura e Uso do Solo Cearense em 2017



**Figura 11** - Mapa de cobertura e uso da terra no Ceará em 2018.

## Classificação do Map Biomas quanto à Cobertura e Uso do Solo Cearense em 2018



As dimensões em hectares das áreas ocupadas por Floresta (Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue e Restinga Arborizada), Agropecuária (Silvicultura, Pastagem, Mosaico de Usos, Soja, Outras Lavouras Temporárias e Outras Lavouras Perenes) e Outra Classificação (Formação Campestre, Praia, Duna e Areal, Área Urbanizada, Outras Áreas Não Vegetadas, Afloramento Rochoso, Mineração, Aquicultura, Rio, Lago e Oceano, Apicum e Restinga Herbácea) e das áreas de transições em 2017 e 2018 são apresentados na Tabela 10 e 11, respectivamente.

Vale ressaltar que os dados de cobertura e uso da terra apresentados podem haver possíveis inconsistências espaciais nas classificações temáticas, na linha temporal e entre classes temáticas e temas transversais, como agricultura e pastagem. Além disso, as áreas totais de cada classe da tabela de transição de uso e cobertura da terra podem apresentar pequenas alterações em relação aos dados de uso e cobertura da terra para o mesmo ano devido ao filtro aplicado aos mapas de transição (Projeto MapBiomas, 2022).

**Tabela 10** - Área ocupada por Floresta, Agropecuária e Outra Classificação em hectares, por município cearense escolhido nos anos de 2017 e 2018.

Município	Classe	Área em 2017 (ha)	Área em 2018 (ha)	Diferença (ha)
Acarauá	Floresta	43988	44356	368
Acarauá	Agropecuária	24636	23877	759
Acarauá	Outra Classificação	15460	15851	391
Barbalha	Floresta	53972	53965	8
Barbalha	Agropecuária	4802	4679	123
Barbalha	Outra Classificação	2053	2184	131
Fortaleza	Floresta	3495	3706	212
Fortaleza	Agropecuária	291	243	49
Fortaleza	Outra Classificação	27383	27221	163
Guaramiranga	Floresta	8905	8907	2
Guaramiranga	Agropecuária	5	4	1
Guaramiranga	Outra Classificação	172	172	1
Itapipoca	Floresta	95128	95963	834
Itapipoca	Agropecuária	46157	45066	1091
Itapipoca	Outra Classificação	18685	18941	257
Morada Nova	Floresta	124565	125764	1199
Morada Nova	Agropecuária	144815	142185	2630
Morada Nova	Outra Classificação	7017	8448	1431
Tauá	Floresta	217197	215480	1716
Tauá	Agropecuária	165245	166201	956
Tauá	Outra Classificação	18622	19382	760
Tianguá	Floresta	82157	82189	32
Tianguá	Agropecuária	6733	6659	74
Tianguá	Outra Classificação	2093	2136	42
<b>Total</b>		<b>1113578</b>	<b>1113578</b>	

Fonte: Adaptado de (Projeto MapBiomias, 2022).

**Tabela 11** - Área em hectares ocupada por Floresta e Outra Classificação em transição para a Agropecuária, por município cearense escolhido.

Município	Da classe	Para a classe	Transição de área entre 2017-2018 (ha)	Transição de área entre 2018-2019 (ha)
Acarauá	Floresta	Agropecuária	111	61
Acarauá	Outra Classificação	Agropecuária	40	59
Barbalha	Floresta	Agropecuária	96	14
Barbalha	Outra Classificação	Agropecuária	7	5
Fortaleza	Floresta	Agropecuária	5	16
Fortaleza	Outra Classificação	Agropecuária	4	2
Guaramiranga	Floresta	Agropecuária	0	0
Guaramiranga	Outra Classificação	Agropecuária	0	0
Itapipoca	Floresta	Agropecuária	169	38
Itapipoca	Outra Classificação	Agropecuária	65	42
Morada Nova	Floresta	Agropecuária	214	36
Morada Nova	Outra Classificação	Agropecuária	25	155
Tauá	Floresta	Agropecuária	1641	29
Tauá	Outra Classificação	Agropecuária	309	158
Tianguá	Floresta	Agropecuária	215	174
Tianguá	Outra Classificação	Agropecuária	14	5
<b>Total</b>			<b>2917</b>	<b>793</b>

Fonte: Adaptado de (Projeto MapBiomias, 2022).

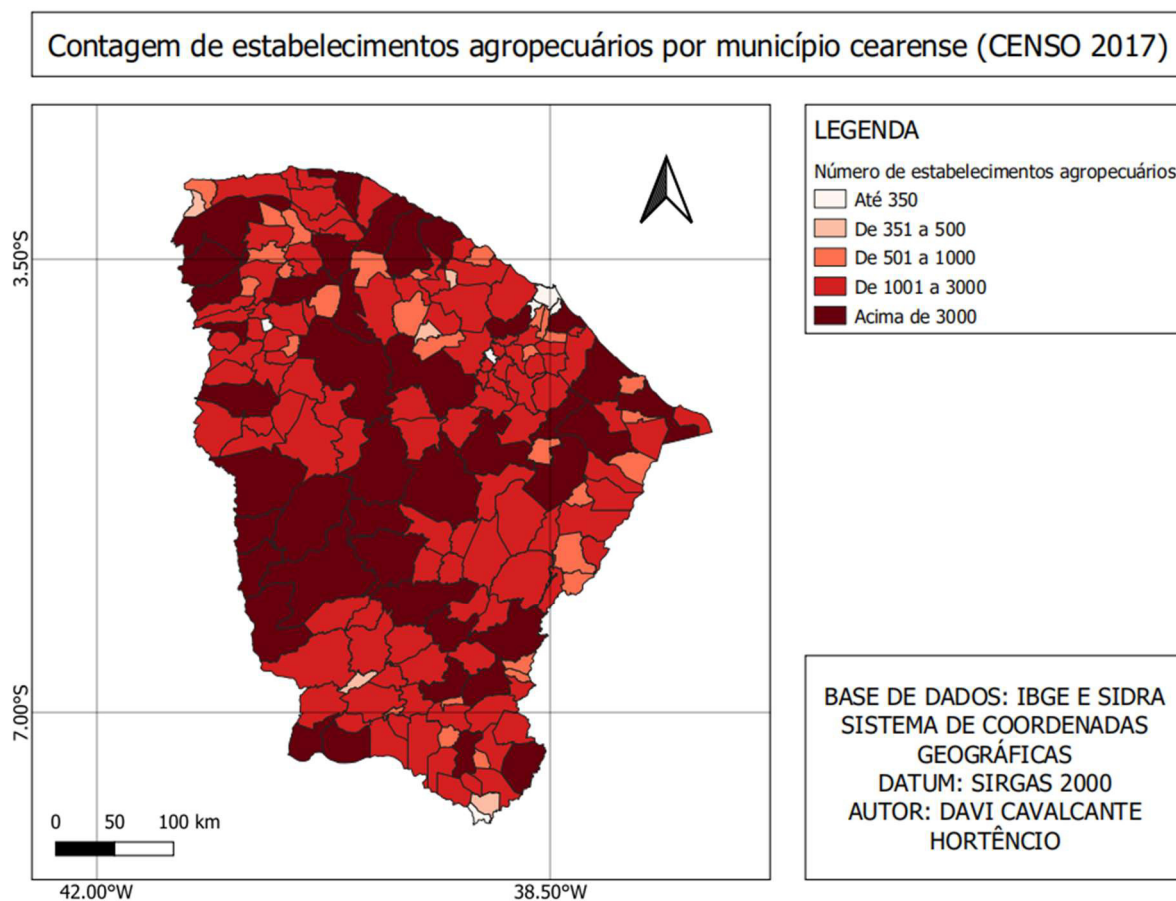
### 4.3.5. Atividade agropecuária

Para analisar atividade agropecuária utilizou-se o número de estabelecimentos e as áreas ocupadas pela agropecuária no Ceará, conforme detalham as Figuras 12 e 13. Ao todo, foram contabilizados 394330 estabelecimentos, sendo 41% desse valor para a pecuária, 55% para a agricultura e 4% para outros grupos de atividade econômica. Dentre o número total de estabelecimentos, 297862 são de agricultura familiar, sendo 41% desse valor para a pecuária,

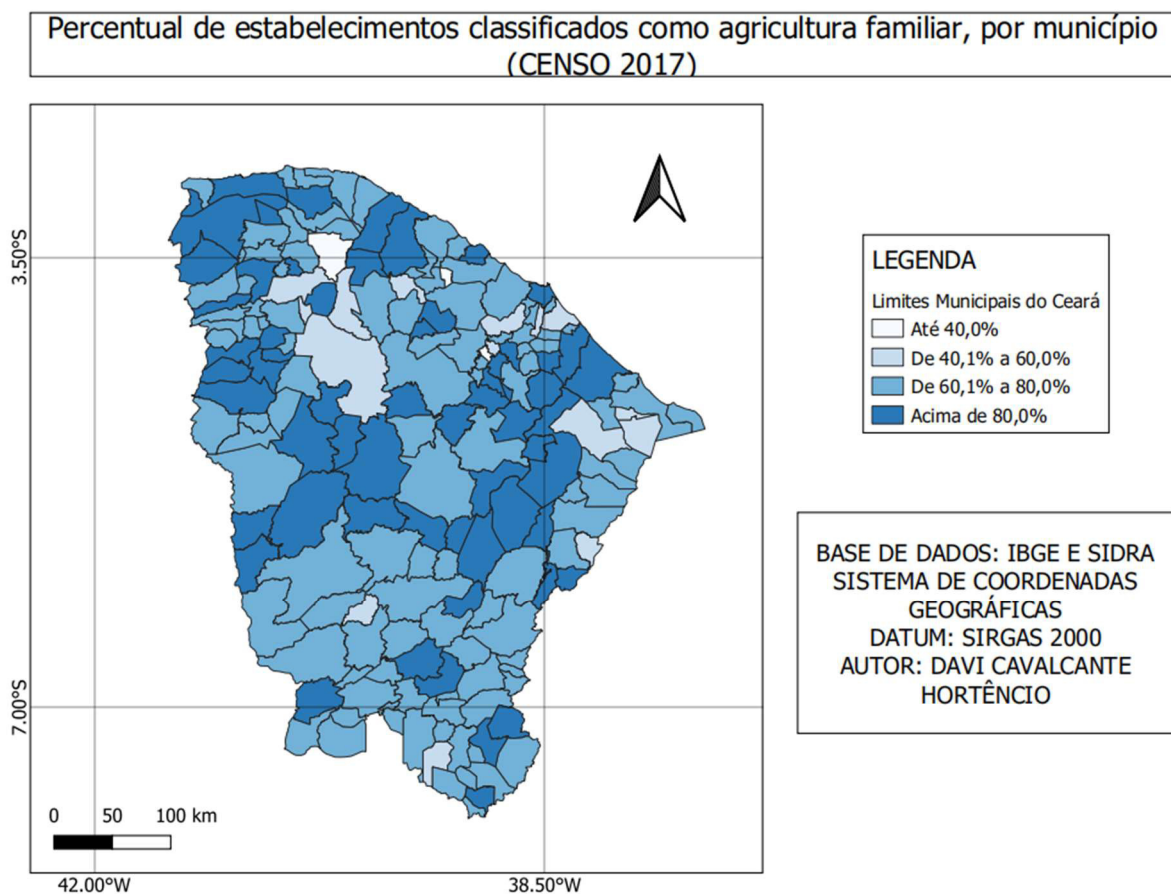


54% para a agricultura e 5% para outros grupos de atividade econômica. As áreas ocupadas pela pecuária são maiores do que as áreas ocupadas pela agricultura e outros grupos de atividade econômica, independente se é ocupada por agricultura familiar ou não.

**Figura 12** - Mapa de estabelecimentos agropecuários por município cearense em 2017.



**Figura 13** - Mapa do percentual de estabelecimentos caracterizados como de agricultura familiar em relação ao total de estabelecimentos por municípios cearenses em 2017.



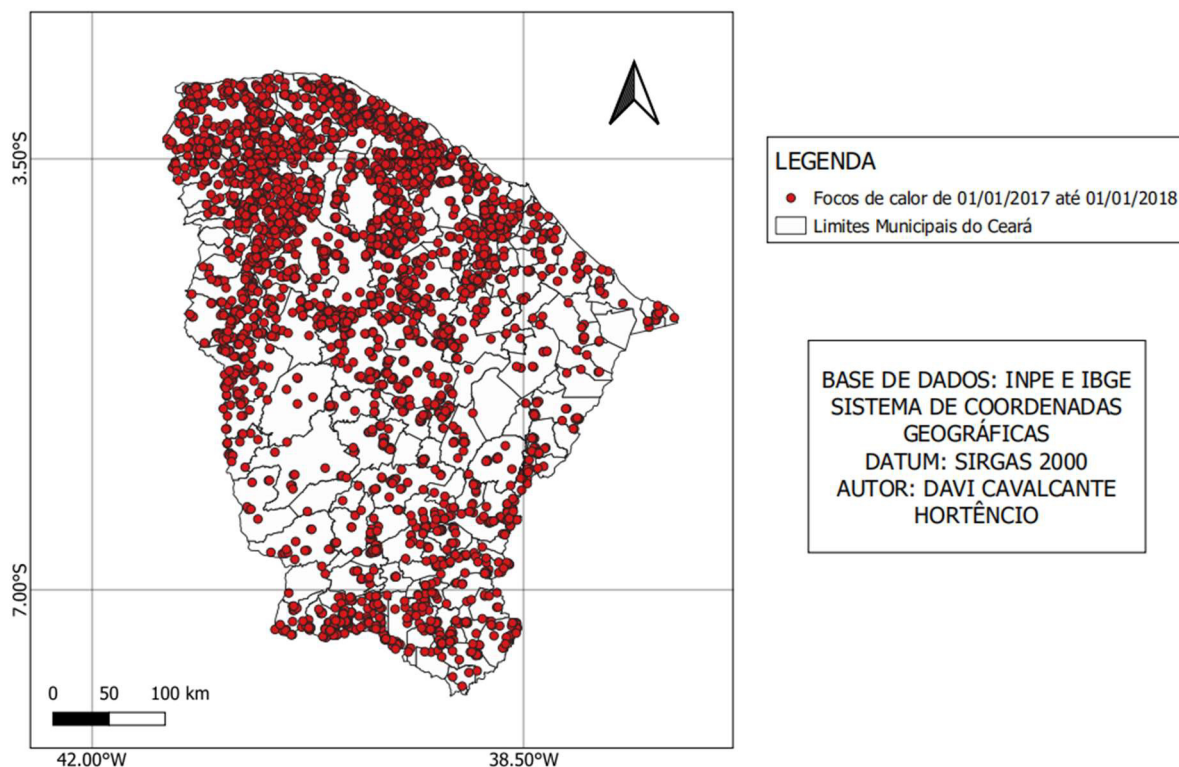
#### 4.3.6. Focos de calor

Os registros de focos de calor utilizados neste estudo foram retirados do Programa de Queimadas do INPE. Os dados fornecidos para a América são atualizados automaticamente todos os dias do ano e o acesso às informações é livre para qualquer interessado, por meio de mapas, tabelas e gráficos. Os dados estão disponíveis mensalmente por estados, regiões e biomas brasileiros, no período de 1998 até o presente. Para este estudo foram selecionados dados de 2017 e 2018.

Em 2017, foram registrados 3499 focos de calor em todo o Ceará, distribuídos conforme a Figura 14. Dentre os 8 municípios escolhidos, o número de focos de calor registrados para cada município foi preenchido na Tabela 12. Os municípios de Fortaleza e Guaramiranga não registraram focos de calor no período reportado.

**Figura 14** - Registro de ocorrências de focos de calor no Ceará em 2017.

## Registros de Ocorrências de Focos de Calor no Ceará em 2017



**Tabela 12** - Quantidade de focos de calor registrados em 2017 por município cearense escolhido.

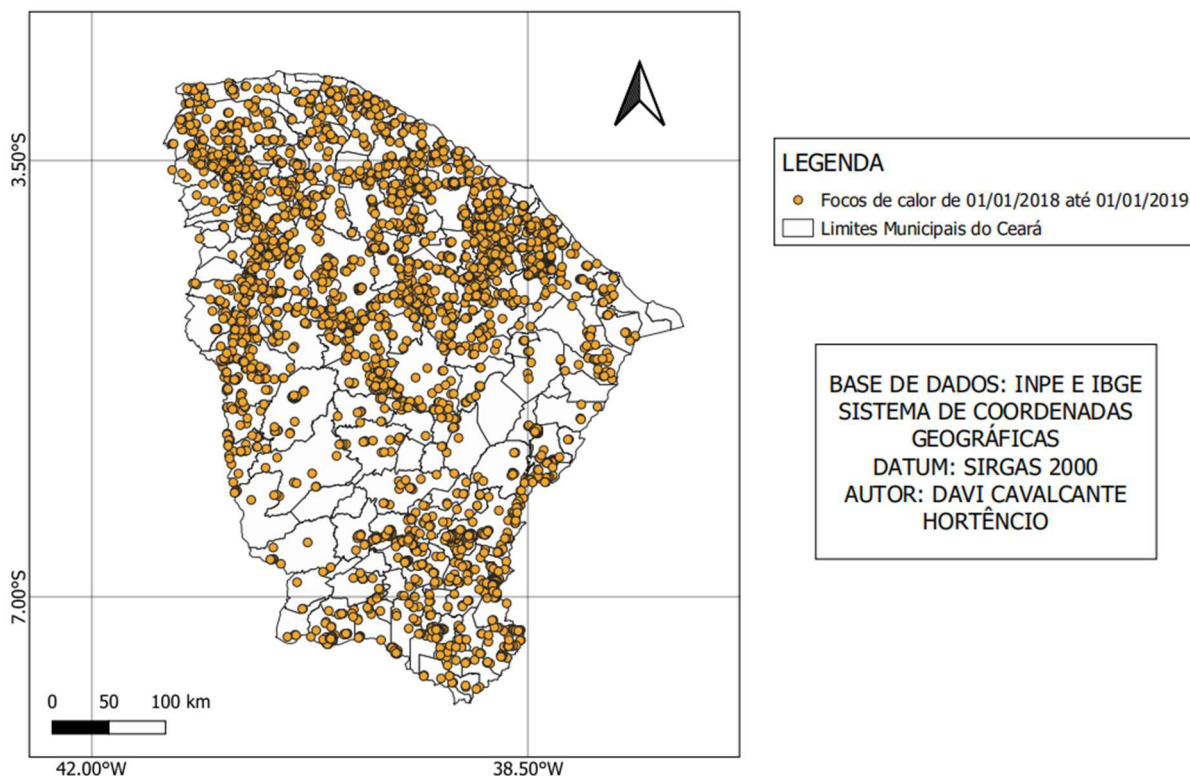
Município	Nº de focos	Porcentagem do Total de Focos no Ceará
ITAPIPOCA (CEARÁ)	109	3.12%
ACARAÚ (CEARÁ)	72	2.06%
TAUÁ (CEARÁ)	14	0.40%
BARBALHA (CEARÁ)	13	0.37%
TIANGUÁ (CEARÁ)	10	0.29%
MORADA NOVA (CEARÁ)	9	0.26%

Fonte: Adaptado de (INPE, 2022).

Em 2018 foram registrados 3038 focos de calor em todo o Ceará, difundidos conforme a Figura 15. Dentre os 8 municípios escolhidos, o número de focos de calor registrados para cada município foi preenchido na Tabela 13. O município de Guaramiranga não registrou focos de calor no período reportado.

**Figura 15** - Registro de ocorrências de focos de calor no Ceará em 2018.

## Registros de Ocorrências de Focos de Calor no Ceará em 2018



**Tabela 13** - Quantidade de focos de calor registrados em 2018 por município cearense escolhido.

Município	Nº de focos	Porcentagem do Total de Focos no Ceará
ITAPIOCA (CEARÁ)	55	1.81%
TIANGUÁ (CEARÁ)	24	0.79%
ACARAUÍ (CEARÁ)	20	0.66%
BARBALHA (CEARÁ)	11	0.36%
TAUÁ (CEARÁ)	11	0.36%
MORADA NOVA (CEARÁ)	10	0.33%
FORTALEZA (CEARÁ)	2	0.07%

Fonte: Adaptado de (INPE, 2022).

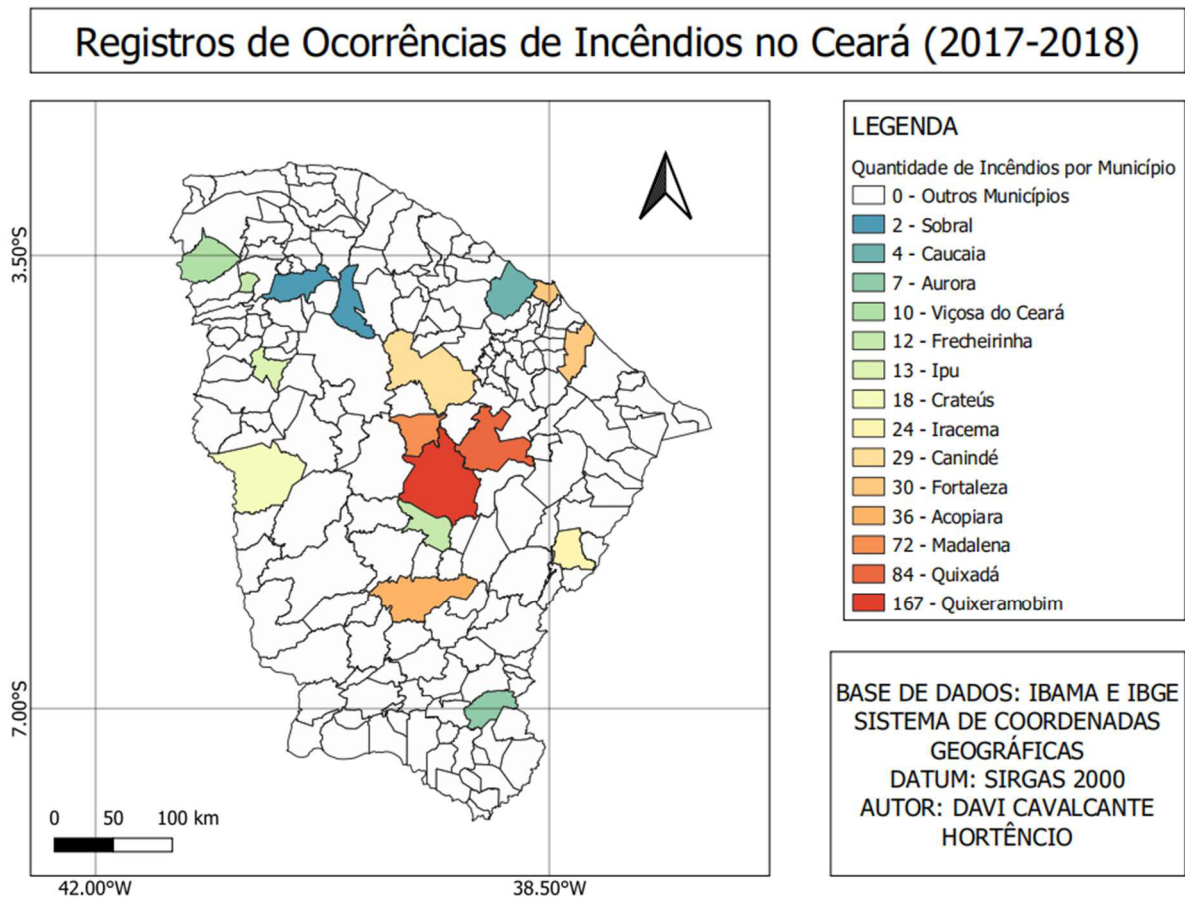
Foi verificada uma inconsistência no número de focos de calor registrados pelo INPE para o estado do Ceará, pois em sua página principal de monitoramento dos focos ativos por estado mostrou que em 2017 foram registrados 3486 em vez de 3499 focos e para o ano de 2018 foram registrados 3034 em vez de 3038 focos. Considerou-se 3499 focos para 2017 e 3038 focos para 2018, conforme os dados abertos do INPE disponíveis para baixar no formato *shapefile* do QGIS.

#### 4.3.7. Registros de ocorrência de incêndios

Para o Ceará, os anos de 2017 e 2018 foram escolhidos por serem os únicos que aparecem na planilha de Registros de Ocorrências de Incêndios (ROI) do Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (SISFOGO). As ocorrências registradas na planilha foram verificadas pelas brigadas do Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO) do IBAMA. Esses registros são atualizados por intermédio de relatórios enviados pelas Unidades de Conservação e Áreas Federais ou ainda no formulário eletrônico existente no SISFOGO.

A quantidade de incêndios ocorridos por município cearense foi contabilizada, apresentando um total de 550 registros de ocorrências de incêndios florestais que atingiram apenas 16 dos 184 municípios cearenses de 2017 a 2018. A quantidade por município é apresentada na Figura 16.

**Figura 16** - Registro de ocorrências de incêndios no Ceará em 2017 e 2018.



O número de incêndios florestais ocorridos no Ceará também foi registrado pela CIOPS, através do CBMCE, conforme exposto por SILVA (2021) na Tabela 14.

**Tabela 14:** Quantidade de ocorrências de incêndios em vegetação no Ceará registrados pela CIOPS em 2017 e 2018.

<b>Registro de Ocorrência de Incêndios em Vegetação no Ceará - CIOPS</b>		
<b>Mês/ano</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Janeiro	136	201
Fevereiro	48	28
Março	10	37
Abril	24	16
Maio	33	29
Junho	106	174
Julho	231	318
Agosto	592	720
Setembro	933	1023
Outubro	725	959
Novembro	601	955
Dezembro	437	185
<b>Total</b>	<b>3786</b>	<b>4645</b>

**Fonte:** Adaptado de (SILVA, 2021).

Esses registros não foram separados por municípios, sendo apresentados por mês e ano para todo o Estado. Por terem sido registrados por um órgão local, provavelmente o número de ocorrências de incêndios verificados pela CIOPS é mais realista do que o número de ocorrências de incêndios identificados pelo IBAMA no mesmo período.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Relação entre focos de calor e atividade agropecuária**

Analisando os mapas sobrepostos, descobre-se que os municípios cearenses com uma contagem de estabelecimentos agropecuários acima de 3000 são em sua maioria os que possuem percentual de estabelecimentos classificados como agricultura familiar acima de 80%.

Dentre os 184 municípios do estado do Ceará, apenas 4 municípios possuem percentuais de estabelecimentos classificados como agricultura familiar inferiores à 50%, ou seja, a maioria dos estabelecimentos cearenses são pertencentes à agricultura familiar.

A macrorregião cearense que apresenta tanto um maior número de municípios com contagem de estabelecimentos agropecuários acima de 3000 quanto um maior número de municípios com um percentual de estabelecimentos agropecuários classificados como agricultura familiar acima de 80% é a macrorregião do Sertão Central e Inhamuns.

O município de Tauá que foi escolhido para representar a macrorregião do Sertão Central e Inhamuns é o município que apresenta maior porcentagem de estabelecimentos agropecuários que praticam queimadas, cerca de 65% dos estabelecimentos.

Dentre os 8 municípios cearenses selecionados, Tauá é o que possui maior área em hectares ocupada pela agropecuária, tanto em 2017 quanto em 2018. Além disso, Tauá foi o único município que aumentou sua área ocupada pela agropecuária entre 2017 e 2018, os demais diminuíram.

A maior diferença de área ocupada pela agropecuária foi observada em Morada Nova que diminuiu cerca de 2630 hectares, antes ocupados pela atividade agropecuária.

As áreas ocupadas pela agropecuária no estado do Ceará concentram-se mais na região de Jaguaribana, representada pelo município de Morada Nova. Por ter sido um período relativamente curto, as áreas ocupadas pela agropecuária no Estado alteraram muito pouco de 2017 para 2018.

Acredita-se que a região de Jaguaribana já tenha sido alvo de ocupação agropecuária por bastante tempo, até porque esse município é o que apresenta maior porcentagem de estabelecimentos agropecuários de agricultura familiar, cerca de 85% dos estabelecimentos existentes são de agricultura familiar. Ou seja, muitas famílias cearenses estabeleceram-se nessa região para desenvolver suas produções agrícola e pecuária.

Por já apresentar grandes dimensões de terras já degradadas, os agropecuaristas tendem a procurar em outras regiões terras mais produtivas para as suas culturas e pastagens, ou seja, procuram áreas nativas. Portanto, as áreas ocupadas pela atividade agropecuária em Morada Nova tendem a diminuir ou estabilizar, através de programas de educação ambiental e recuperação de áreas degradadas.

Dentre os 8 municípios cearenses, o município de Itapipoca pertencente à macrorregião do Litoral do Pecém foi o que registrou mais focos de calor tanto em 2017 quanto em 2018. Nesse município, foram registrados 109 focos de calor em 2017 e 55 focos de calor em 2018. Além disso, Itapipoca é o município que apresenta o maior número de estabelecimentos agropecuários, cerca de 6629 estabelecimentos.

Entretanto, esse aumento do número de focos de calor no município não tem relação com o aumento da área ocupada pela agropecuária, porque a mesma diminuiu de 2017 para

2018. Esse maior número de focos de calor, deve-se ao maior número de estabelecimentos agropecuários.

Os focos de calor registrados em 2017 e 2018 no Ceará concentraram-se mais em áreas de floresta ou de outra classificação que estão próximas às áreas de atividade agropecuária. Isso pode refletir no avanço da agropecuária sobre as áreas nativas evidenciado pela transição de uma área ocupada por floresta para uma área de atividade agropecuária.

No Ceará, as transições de áreas de floresta para áreas ocupadas pela agropecuária foram maiores entre 2017 e 2018 do que entre 2018 e 2019. Isso mostra uma relação direta com a quantidade de focos de calor, tendo em vista que em 2017 foram registrados 3499 focos de calor, enquanto em 2018 foram registrados 3038 focos de calor.

Dentre os 8 municípios cearenses escolhidos, o município de Tauá foi o que apresentou a maior transição de áreas de floresta para áreas ocupadas pela agropecuária, aproximadamente 1641 hectares entre 2017 e 2018 e 29 hectares entre 2018 e 2019. Como a área de transição de floresta para agropecuária foi menor em 2018 do que em 2017, o número de focos de calor registrados no município de Tauá em 2018 também diminuiu. Em 2017 foram registrados 14 focos de calor, em 2018 foram registrados 11 focos de calor.

Os avanços das áreas exploradas pela agropecuária ocasionam queimadas, muitas vezes registradas como focos de calor, podendo ocasionar incêndios florestais. Nesse contexto, o município de Tauá e toda a macrorregião do Sertão Central e Inhamuns devem estar alertas ao crescimento do setor agropecuário, principalmente na maneira como esse setor cresce, pois ele danifica o meio ambiente local.

Considerando que a região de Jaguaribana é uma região mais degradada, o material combustível presente, como o solo e as plantas, já podem estar menos resistentes à ocorrência do fogo, possivelmente apresentando um maior perigo de incêndio.

## **5.2. Relação entre perigo e ocorrência de incêndio**

A maioria dos 8 municípios cearenses tiveram mais dias com perigo de incêndio muito alto e alto do que dias com perigo de incêndio nulo, pequeno e médio, tanto em 2017 quanto em 2018. Isso mostra que o estado do Ceará apresenta um grau de perigo de incêndio preocupante na maior parte do ano.

Entre um ano e outro, o que mais se distinguiu foi o município de Barbalha que subiu de 79 para 193 dias com perigo de incêndio muito alto. No entanto, esse aumento de perigo de incêndio não se refletiu em um aumento do número de incêndios florestais no município, pois



não houve nenhuma ocorrência de incêndio em Barbalha, conforme registros do IBAMA entre 2017 e 2018.

Em 2017, o município de Tauá foi o que mais se destacou com 224 dias com perigo de incêndio muito alto, enquanto o menos expressivo foi o município de Barbalha com 79 dias com perigo de incêndio muito alto.

Já em 2018, o município de Morada Nova foi o que mais se destacou com 217 dias com perigo de incêndio muito alto, enquanto o menos expressivo foi o município de Guaramiranga com 110 dias com perigo de incêndio muito alto.

Ainda em 2018, a soma de dias com perigo de incêndio muito alto nos 8 municípios supera a mesma soma em 2017, cerca de 1286 dias para 2018 e 1106 dias para 2017.

Já que não foi possível avaliar o grau de perigo de incêndio de Tianguá em 2017, resolve-se desconsiderar esse município da contagem de dias com perigo de incêndio muito alto de 2018. Porém, mesmo desconsiderando o município de Tianguá da soma de 2018, o resultado é de 1124 dias, ainda superior a 1106 dias.

Essa diferença da soma de dias com perigo de incêndio muito alto entre 2018 e 2017 pode refletir no aumento do número total de incêndios florestais no Ceará de 3786 para 4645, conforme registros da CIOPS e do CBMCE.

Contudo, a baixa quantidade de medições diárias de umidade relativa do ar para o município de Barbalha e a ausência completa desses dados para o município de Tianguá em 2017 não permitem assegurar a existência dessa correlação entre o aumento de perigo de incêndio com o aumento da ocorrência de incêndios no Ceará, não nesse período de 2017 a 2018.

Ao analisar a quantidade de dias acumulados de 2017 a 2018 para cada classe de perigo de incêndio nos 8 municípios cearenses escolhidos, calculou-se a média dos dois anos consecutivos da quantidade de dias para cada classe e avaliou-se cada município quanto à média calculada, conforme apresentado na Tabela 15.

**Tabela 15:** Média dos dois anos consecutivos (2017-2018) da quantidade de dias para cada classe e avaliação de cada município quanto à média calculada.

2017-2018	Acaraú	Barbalha	Fortaleza	Guaramiranga	Itapipoca	Morada Nova	Tauá	Tianguá	Média
<b>Nulo</b>	Abaixo da média	Abaixo da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	12,29
<b>Pequeno</b>	Acima da média	Abaixo da média	Acima da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	99,43
<b>Médio</b>	Acima da média	Abaixo da média	Acima da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	127,14
<b>Alto</b>	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Acima da média	Abaixo da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	122,14
<b>Muito Alto</b>	Acima da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Abaixo da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	318,57

Fonte: Autor (2022).

Os resultados mostraram que os municípios de Morada Nova e Tauá foram os únicos municípios que apresentaram quantidades de dias abaixo da média para as classes de perigo de incêndio nulo, pequeno ou médio. Entretanto, Morada Nova foi o único município que apresentou perigo de incêndio muito alto por mais de 200 dias tanto em 2017 quanto em 2018.

Fazendo uma análise geral do que foi apresentado dos 8 municípios cearenses escolhidos para representar as 8 macrorregiões pluviometricamente homogêneas do estado do Ceará, a macrorregião que apresentou maior perigo de incêndios florestais no período de 2017 a 2018 foi a região de Jaguaribana, representada pelo município de Morada Nova. Já a macrorregião que apresentou menor perigo de incêndios florestais no mesmo período foi a região do Maciço de Baturité, representada pelo município de Guaramiranga.

## 6. CONCLUSÃO

Pode-se dizer que os objetivos deste trabalho foram cumpridos, tendo em vista a sobreposição dos mapas apresentados neste artigo que mostram a existência de uma relação direta entre o avanço das áreas ocupadas pela agropecuária com a localização e a quantidade de focos de calor no estado do Ceará, mas não necessariamente com a ocorrência de incêndios florestais.

Os focos de calor registrados em 2017 e 2018 no Ceará concentraram-se mais em áreas de floresta ou de outra classificação que estão próximas às áreas de atividade agropecuária.

A maioria dos estabelecimentos agropecuários cearenses são pertencentes à agricultura familiar e situam-se na macrorregião do Sertão Central e Inhamuns. O avanço das áreas exploradas pela agropecuária nessa região, incluindo o município de Tauá, ocasionam queimadas, muitas vezes registradas como focos de calor, podendo ocasionar incêndios florestais.

Por ser uma região de crescimento do setor agropecuário cearense, os órgãos ambientais responsáveis junto com o Governo do Estado devem intensificar ações de prevenção,

monitoramento, fiscalização e combate aos incêndios, capacitando os trabalhadores rurais em técnicas alternativas ao uso do fogo.

Foi visto que o Ceará apresentou um grau de perigo de incêndio preocupante na maior parte dos anos e a ocorrência de incêndios no Estado prevaleceu nos segundos semestres, quando o perigo de incêndio é ainda maior.

A macrorregião que apresentou maior perigo de incêndios florestais no período de 2017 a 2018 foi a região de Jaguaribana, representada pelo município de Morada Nova. Já a macrorregião que apresentou menor perigo de incêndios florestais no mesmo período foi a região do Maciço de Baturité, representada pelo município de Guaramiranga.

Para trabalhos futuros, sugere-se verificar se há relação entre a quantidade de focos de calor e a quantidade de produção agrícola e pecuária no mesmo período, verificando a quantidade de frutas, grãos, bovinos e galináceos produzidos pelo Ceará. Além disso, sugere-se utilizar dados de precipitação e umidade relativa do ar de um período mais recente e verificar se o grau de perigo de incêndio nas macrorregiões é similar ao que foi apresentado neste trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

ALVES, José Maria Brabo et al. Um Estudo de Focos de Calor no Bioma Caatinga e suas Relações com Variáveis Meteorológicas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, p. 513-527, 2021.

ALVES, Keyla Manuela Alencar da Silva; NÓBREGA, Ranyére Silva. Uso de dados climáticos para análise espacial de risco de incêndio florestal. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, v. 10, n. 22, p. 209-219, 2011.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semiárido nordestino In: *SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p.101-110.

BARBOSA, Honório. Fogo controlado está desautorizado no Ceará. *Diário do Nordeste*, Ceará, 29 de jun. de 2017. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/fogo-controlado-esta-desautorizado-no-ceara-1.1778944>>. Acesso em: 07 de dez. de 2022.

BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. *Floresta* 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237- 241, Curitiba, Pr.

BATISTA, A.C., Incêndios florestais. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco: Imprensa Universitária, 1990. 115p.

BONITESE, Karina Venancio et al. Segurança contra incêndio em edifício habitacional de baixo custo estruturado em aço. 2007.

BRASIL. Decreto Federal nº 23.793 de janeiro de 1934. Decreta o código florestal. Brasília, DF, 1934. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2022.

BRASIL. Decreto Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o código florestal brasileiro. Brasília, DF, 1965. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2022.

BRASIL. Decreto Federal nº 2.661 de 8 de julho de 1998. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal). Brasília, DF, 1998. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2022.

BRASIL. Decreto Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília, DF, 2012. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 23/10/2022.

BRASIL, Decreto-Lei n. 2.848 de 07 de dezembro de 1940. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/De12848compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De12848compilado.htm)>. Acesso em: 01 nov 2022.

BRASIL. Lei nº 9.605/98. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Senado Federal, Brasília, DF. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm)>. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Caatinga. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

BRITO, Bruno Menezes Nogueira. Correlação entre variáveis meteorológicas e focos ativos para o Rio Grande do Norte. 2021.

CÂNDIDO, Magno José Duarte; DE ARAÚJO, Gherman Garcia Leal; CAVALCANTE, Maria Andréa Borges. Pastagens no ecossistema semiárido Brasileiro: atualização e perspectiva futuras. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: SBZ; Universidade Federal de Goiânia, 2005., 2005.

CARVALHO, Daniel Fonseca de et al. Espacialização do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na bacia do Rio Verde Grande, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, p. 172-176, 2000.

CASTRO, César Nunes de. A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. Texto para Discussão, 2012.

CONRADO, Jefte Arnon de Almeida. Biomassa herbácea e biodiversidade da Caatinga submetida a diferentes raleamentos e enriquecimentos. 2017.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA. CNRBC. 2004.

Cenários para o Bioma Caatinga. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA, Recife. 283 p.: il.

CURT, Thomas; RIGOLOT, Eric. Prévenir les risques d'incendies de forêt dans un contexte de changement global. Sciences Eaux Territoires, n. 3, p. 50-55, 2020.

DA COSTA, Marcelo Oliveira; CASTRO, Carlos Rodrigo. Desenvolvimento de um plano efetivo de prevenção e combate a incêndios florestais para áreas protegidas no bioma Caatinga. 2014.

DE ARAÚJO FILHO, João Ambrósio. Proposta para a implementação do manejo pastoril sustentável da Caatinga. 2014.

DE MIRANDA, Evaristo Eduardo; DE MORAES, Adriana Vieira de Camargo; OSHIRO, Osvaldo Tadatomo. QUEIMADAS. 2006.

FERREIRA FILHO, João Eufrásio; ARAÚJO, Alexandre Costa. Análise de Ocorrências de Incêndios Florestais na área do Parque Estadual do Cocó, Região Metropolitana de Fortaleza, CE. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, p. 563-569, 2021.

FIEDLER, Nilton Cesar et al. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. Revista Árvore, v. 39, p. 691-696, 2015.

FUNCEME, Previna – Focos de Calor. Disponível em:  
<[http://www.funceme.br/?page\\_id=2751](http://www.funceme.br/?page_id=2751)>. Acesso em: 30/11/2022.

GONTIJO, G. A. et al. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. Anais, v. 15, p. 7966-7973, 2011.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2017. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/component/content/article?id=899&Itemid=874>>. Acesso em: 01/11/2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).

INPE. Monitoramento dos Focos Ativos por Bioma. Disponível em [https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas\\_estados](https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados), acessado em 25/10/2022.

INPE, Programa Queimadas, Perguntas frequentes. Disponível em:  
<<http://www.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 28/10/2022.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2022. Disponível em <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Regioes\\_Planejamento.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Regioes_Planejamento.pdf)>. Acesso em: 18/11/2022.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2021. Disponível em <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2022/01/Indicadores\\_Economicos2021.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2022/01/Indicadores_Economicos2021.pdf)>. Acesso em: 06/12/2022.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2020. Disponível em <[http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara\\_em\\_numeros/2020/tabelas/index.htm](http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2020/tabelas/index.htm)>. Acesso em: 06/12/2022.

LIMA, Alex de Sousa; JUNIOR, Benedito Cavalcante Vieira. Estudo sobre as queimadas no município de Codó (MA), Brasil. Boletim Paulista de Geografia, v. 1, n. 107, p. 1-20, 2022.

LOPES, Elfany Reis Do Nascimento et al. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas na Cidade de Sorocaba–São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, v. 36, p. 117-129, 2018.

LOURENÇO, Luciano. Risco meteorológico de incêndio florestal. Núcleo de investigação científica de incêndios florestais, Coimbra, 2004. 177p.

MARTINS, Maria Cristina. Fogo: visões, possibilidades e limites do seu uso na agricultura, nas unidades de conservação e nas atividades florestais. 2017.

PEREIRA, Guilherme Reis; SILVA JUNIOR, M. M. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordestino. In: I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido (CONADIS). 2018.

Projeto MapBiomas – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 05/12/2022 através do link: [www.plataforma.brasil.mapbiomas.org](http://www.plataforma.brasil.mapbiomas.org)

RIBEIRO, Guido Assunção; SOARES, Ronaldo Viana. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. Cerne, v. 4, n. 1, p. 57-072, 1998.

ROCHA, Thaís Braga Carneiro et al. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, p. 435-447, 2020.

SANTOS, Juliana Ferreira. Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. Curitiba-PR: UFPR, 2004.

SANTOS, Paula Resende; PEREIRA, Gabriel; ROCHA, Leonardo Cristian. Análise da distribuição espacial dos focos de queimadas para o bioma Cerrado (2002-2012)/Spatial distribution analysis of fire sources for the Cerrado biome (2002-2012). Caderno de Geografia, v. 24, n. 1, p. 133-142, 2014.

SILVA, Emerson Mariano da et al. Registros de Queimadas em Vegetação (Incêndios) e a Climatologia da Chuvas no Estado do Ceará: Estudo de Caso no Período de 2015 a 2019. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, p. 571-577, 2021.

SILVA, Túlio Brenner Freitas da. Perfil e índice de perigo de incêndios florestais em áreas naturais protegidas da caatinga. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOARES, Ronaldo Viana. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” Índice Brasileiro de Perigo de Incêndios Florestais. Revista Cerne, Lavras, v. 4, n. 1, p. 087- 099, 1998.

SOARES, Ronaldo Viana; PAEZ, Gilberto. UMA NOVA FÓRMULA PARA DETERMINAR O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA REGIÃO CENTRO PARANAENSE. Floresta, v. 4, n. 3, 1973.

SOUZA, Paulo Fernando Maier. PADRÕES DE OCORRÊNCIA DE FOGO NA APA CHAPADA DO ARARIPE E ATIVIDADE AGROPECUÁRIA, 2016.

WHITE, Larissa Alves Secundo et al. Análise espacial e temporal de incêndios florestais para o Município de Inhambupe, litoral norte da Bahia. 2013.

XAVIER, T. de M.B.S. Tempo de Chuva: Estudos Climáticos e de Previsão Para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.