



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**WESLEN PINTOR CANZIAN**

**ANÁLISE DE REGISTRO DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS DE PRODUÇÃO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2019

WESLEN PINTOR CANZIAN

**ANÁLISE DE REGISTRO DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais.  
Orientador: Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

C212a Canzian, Weslen Pintor, 1990-  
ANÁLISE DE REGISTRO DE INCÊNDIOS EM  
FLORESTAS DE PRODUÇÃO / Weslen Pintor Canzian. - 2019.  
84 f. : il.

Orientador: Nilton Cesar Fiedler.  
Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Proteção Florestal. 2. Incêndios Florestais. 3. Técnicas e Operações Florestais. 4. Recursos Florestais e Engenharia Florestal. I. Fiedler, Nilton Cesar. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. III. Título.

CDU: 630\*38

---

# ANÁLISE DE REGISTROS DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS DE PRODUÇÃO

**Weslen Pintor Canzian**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 05 de julho de 2019.



---

**Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira** (Examinador externo)  
Universidade de Brasília



---

**Prof. Dr. Ronie Silva Juvanhôl** (Examinador externo)  
Universidade Federal do Piauí



---

**Profª. Drª. Elaine Cristina Gomes da Silva** (Examinadora externa)  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

**Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane** (Examinador interno)  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

**Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler** (Orientador)  
Universidade Federal do Espírito Santo

## AGRADECIMENTOS

### AGRADEÇO:

Primeiramente a DEUS, que está acima de tudo e graças à sua benção divina foi possível vencer mais essa batalha em minha vida.

À grande fortaleza, que é minha família. Ao meu pai Luiz Paulo Canzian, minha mãe Maria Inea Pintor Canzian, que jamais mediram esforços em oferecer uma das coisas mais preciosas da vida, o estudo.

À minha irmã Estefânia Pintor Canzian pelo apoio e por ser uma pessoa muito especial na minha vida.

Ao meu orientador Nilton Cesar Fiedler, que acima de tudo é um grande amigo, pessoa que admiro muito, que sempre esteve muito presente e nunca mediu esforços em fazer o melhor para que este trabalho fosse realizado.

À Kelly Nery Bigli por todo companheirismo, carinho e compreensão.

Aos meus tios e primos, em especial, Marinete, Altair, Marlene, pelo apoio durante a jornada estudantil.

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, onde tive a oportunidade de realizar minha Graduação, Mestrado e Doutorado, pela estrutura, oportunidade e incentivos.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, principalmente aos que tiveram participação direta na minha formação.

A todos os amigos que participaram de forma direta ou indireta nesta etapa.

Aos membros da banca examinadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elaine Cristina Gomes Da Silva, Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira e Prof. Dr. Ronie Silva Juvanhol pelas valiosas contribuições e sugestões para melhoria do trabalho.

## RESUMO

CANZIAN, W. P. **Análise de registro de incêndios em florestas de produção.** 2019. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Orientador: Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler.

Na área de proteção florestal, os incêndios florestais estão entre os piores acontecimentos que as florestas estão susceptíveis, e no setor privado, a preocupação com os incêndios se intensificam mediante as perdas econômicas e impactos socioambientais. O objetivo deste estudo foi propor uma metodologia para análises de ocorrências de incêndios em florestas de produção por meio de uma nova classificação para área queimada média e tempos de mobilização e deslocamento. Especificamente objetivou-se: identificar as causas dos incêndios, analisar a correlação entre os elementos meteorológicos e a quantidade de ocorrências, distribuição das ocorrências ao longo do ano e do dia, distância média percorrida pelas equipes de combate, e, análise dos tempos de mobilização, deslocamento e combate. O estudo teve como subsídio o banco de dados da série histórica de 10 anos dos registros de ocorrências de incêndios e de variáveis meteorológicas, oriundas de 26 estações meteorológicas de uma empresa produtora de eucalipto para celulose, no norte do estado do Espírito Santo e sul do estado da Bahia, no período de 2008 a 2017. De acordo com os resultados, 91,4% das 33.075 ocorrências ao longo dos 10 anos foram originadas por incendiários. A umidade relativa é o elemento meteorológico que mais influenciou na possibilidade de ocorrer incêndios na área do estudo. Em média, a correlação de Pearson aplicada entre os meses do ano e os elementos meteorológicos apresentou correlação negativa moderada de -0,52 para a umidade relativa em Posto da Mata e baixa correlação negativa para as demais regiões. Além disso, as médias de correlação de todas as quatro regionais apresentaram correlação desprezível para temperatura e precipitação. Na média das quatro regionais, os meses de janeiro, setembro e outubro foram os únicos a concentrarem mais do que 10% das ocorrências entre os meses do ano, respectivamente 12,14; 11,33 e 14,76% das ocorrências, totalizando 38,24%. A maior concentração de incêndios foi das 13h às 16h59'59'' com ao menos 51,31 % das ocorrências. Os tempos de mobilização e deslocamento foram satisfatórios, respectivamente com médias de ao menos 75,15 e 60% concentrando-se até a classe II, representadas respectivamente pelos limites máximos de 5 e 50 minutos. Os tempos médios de deslocamento e combate apresentaram forte correlação positiva com o tamanho médio de área queimada. Esse fato demonstra a importância e necessidade de uma estratégia de combate aos incêndios ágil e eficiente. Apesar de uma média de 9,06 focos diários de incêndios em 220 mil ha de florestas plantadas, a média de área queimada ao longo dos anos foi de 2,39 ha. As classes de mobilização, deslocamento e áreas médias queimadas propostas por este estudo possibilitam aos gestores de combate aos incêndios florestais em florestas de produção analisar como a estrutura e o modelo de combate aos incêndios têm se comportado, de maneira que, quanto maior a concentração de ocorrências nas maiores classes, maiores serão as possibilidades de ajustes no sistema de combate.

**Palavras-chave:** Proteção florestal, prevenção, combate.

## ABSTRACT

CANZIAN, W. P. **Fire record analysis in production forests**. 2019. Thesis (Doctorate in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Nilton Cesar Fiedler.

In the area of forest protection, forest fires are among the worst events that forests are susceptible to, and in the private sector, concern about fires intensifies through economic losses social and environmental impacts. The aim of this study was to propose a methodology for analysis of fire occurrences in production forests through a new classification for mean burned area and mobilization and displacement times. Specifically aimed to: identify the causes of fires, analyze the correlation between meteorological elements and the number of occurrences, distribution of occurrences throughout the year and day, average distance traveled by combat teams, and analysis of mobilization times, displacement and combat. The study was subsidized by the 10-year historical series of records of the occurrence of fires and meteorological variables from 26 meteorological stations of a eucalyptus pulp producer in the north of Espírito Santo and southern Bahia, from 2008 to 2017. According to the results, 91.4% of the 33,075 occurrences over the 10 years were originated by arsonists. Relative humidity is the meteorological element that most influenced the possibility of fires in the study area. On average, the Pearson correlation applied between the months of the year and the meteorological elements showed a moderate negative correlation of -0.52 for the relative humidity in Posto da Mata and a low negative correlation for the other regions. In addition, the correlation averages of all four regions showed negligible correlation for temperature and precipitation. In the average of the four regional ones, January, September and October were the only months to concentrate more than 10% of the occurrences between the months of the year, respectively 12.14; 11.33 and 14.76% of occurrences, totaling 38.24%. The highest concentration of fires was from 1:00 pm to 4:59:59 " with at least 51.31% of occurrences. The mobilization and displacement times were satisfactory, with averages of at least 75.15 and 60%, respectively, concentrated to class II, represented respectively by the maximum limits of 5 and 50 minutes. The average displacement and combat times presented a strong positive correlation with the average burned area size. This demonstrates the importance and necessity of an agile and efficient firefighting strategy. Despite an average of 9.06 daily fire outbreaks in 220,000 ha of planted forests, the average burned area over the years was 2.39 ha. The classes of mobilization, displacement and average burned areas proposed by this study enable forest fire managers in production forests to analyze how the structure and fire fighting model have behaved, so that the higher the concentration of forest fires. occurrences in the larger classes, the greater the possibilities of adjustments in the combat system.

**Keywords:** Damage, prevention, combat.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	10	
1.1	Objetivo geral.....	12	
1.2	Objetivos específicos.....	12	
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13	
2.1	Importância das florestas de produção .....	13	
2.2	Incêndios florestais.....	14	
2.2.1	Registros de ocorrências de incêndios florestais .....	15	
2.2.2	Causas dos incêndios florestais .....	17	
2.2.3	Época de ocorrência .....	18	
2.2.4	Influência dos fatores climáticos nos incêndios florestais .....	20	
2.3	Etapas no combate aos incêndios florestais .....	22	
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	26	
CAPÍTULO I ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS E A INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EM FLORESTAS DE PRODUÇÃO .....			35
1	INTRODUÇÃO .....	35	
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	37	
2.1	Caracterização da área de estudo.....	37	
2.2	Obtenção e análise dos dados.....	39	
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41	
4	CONCLUSÕES.....	53	
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54	
CAPÍTULO II METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS PLANTADAS.....			57
1	INTRODUÇÃO .....	58	
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	59	
2.1	Caracterização da área de estudo.....	59	
2.2	Obtenção e análise dos dados.....	61	

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	67
4 CONCLUSÕES.....	82
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas de produção são cultivos considerados de longo prazo. Assim, qualquer alteração no processo de formação da floresta pode comprometer o ciclo de produtividade e gerar grandes perdas. Dentre os possíveis causadores de danos, os incêndios florestais são os que apresentam maior potencial, pois, além de prejuízos econômicos, eles propiciam danos sociais e ambientais. White e White (2016) enfatizam os impactos ambientais pela quantidade de mortalidade da fauna, danos causados ao solo, uma vez que fica exposto e susceptível a erosão, além da liberação de gases que poluem o ar e contribuem para o efeito estufa.

Incêndio florestal é todo fogo que se propaga livremente consumindo material combustível vegetal, podendo ter sido provocado por fonte antrópica ou natural.

Os incêndios florestais sempre existiram no planeta, entretanto, o crescimento populacional, os interesses econômicos e as mudanças climáticas têm alterado o fluxo natural desse fenômeno físico. As empresas florestais são em sua maioria alvos dos incêndios iniciados por ações do ser humano, seja por negligência ou de forma intencional/criminosa. Dessa forma, a grande maioria dos empreendimentos adotou o procedimento de historiar as ocorrências dos incêndios através de registros de ocorrências de incêndios florestais (ROIs) para que, com base no histórico de ocorrências, adotassem medidas de prevenção e combate.

Tetto et al. (2015) ressaltam o valor dos ROIs, uma vez que são extremamente importantes no direcionamento de estudos para estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais. Para os autores, os registros de ocorrências de incêndios possibilitam identificar as causas, épocas e regiões críticas.

Correlato as ações humanas, os elementos meteorológicos influenciam diretamente as ocorrências de incêndios florestais, estabelecendo condições favoráveis ou não ao seu acontecimento. As mudanças climáticas, com vastos períodos de estiagem, têm influenciado na quantidade e intensidade dos incêndios pelo mundo e com os plantios comerciais não têm sido diferente.

Um incêndio prevenido ou evitado é uma possível ocorrência que não precisará ser combatida. A prevenção é a melhor forma de minimizar a quantidade de incêndios. Desse modo, campanhas de conscientização ambiental em comunidades e rodovias, manutenção de aceiros, redução de material combustível e monitoramento são medidas eficazes (PEREIRA, FIEDLER e MEDEIROS, 2004; TEBALDI, 2013).

Mesmo com medidas de prevenção, é possível que ocorram incêndios. Assim, o combate aos incêndios deve ser um conjunto de ações estratégicas para mitigar os danos e impactos negativos. Em situações onde o combate segue medidas preestabelecidas, as chances de sucesso são maiores. Portanto, um combate bem organizado e estruturado passa pelas seguintes etapas: detecção e localização da ocorrência, comunicação, mobilização, deslocamento, tomada de decisão, combate, rescaldo, reunião final e desmobilização.

Pelo potencial de danos que os incêndios florestais podem causar, associado aos altos custos de formação de uma floresta para produção, a grande demanda de madeira no processo fabril e a escassez de madeira no mercado, o histórico de ocorrências de incêndios florestais torna-se uma ferramenta fundamental para diretrizes nas ações de prevenção e combate afim de minimizar seus impactos.

## **1.1 Objetivo geral**

O objetivo do presente estudo foi propor uma metodologia de registro e análise de ocorrência de incêndios florestais para subsidiar estratégias de prevenção e combate em florestas de produção.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Investigar as causas dos incêndios na região do estudo;
- Quantificar o número de ocorrências e suas respectivas áreas queimadas;
- Correlacionar os elementos meteorológicos quanto à quantidade de ocorrências;
- Levantar a distribuição espacial ao longo do ano e do dia das ocorrências;
- Identificar os tempos de mobilização, deslocamento e combate das equipes;
- Verificar a distância média percorrida pelas equipes de combate;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância das florestas de produção

Os plantios de *Eucalyptus* com finalidade econômica no Brasil foram introduzidos com o intuito de suprir a demanda de dormentes e energia para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro no início do século 20 (MACHADO, 2014).

Os incentivos fiscais nas décadas de 1970 e 1980 impulsionaram os plantios de florestas de produção de rápido desenvolvimento, em especial os gêneros de *Eucalyptus* e *Pinus* (KENGEN, 2001). Nesse período, houve o maior reflorestamento do país, isso porque, os incentivos fiscais, dentre eles, o Fundo de Investimentos Setoriais - FISET proporcionavam às empresas abatimentos de impostos de até 50% (JUVENAL, MATTOS, 2002). Esse programa impulsionou as indústrias de papel e celulose, assim como siderurgias, produção de painéis e outros produtos oriundos do uso madeireiro (MOREIRA, SIMIONI e OLIVEIRA, 2017).

Os plantios florestais comerciais proporcionam ganhos em vários setores, e no âmbito social não é diferente, o setor florestal contribui com elevados índices empregatício. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, em 2016 o setor proporcionou emprego a 510 mil pessoas diretamente, resultando em um total de 3,7 milhões de postos de trabalho relacionados com a renda das atividades florestais (IBÁ, 2017). Tal informação é corroborada por Carvalho, Soares e Valverde (2005) onde afirmam que o setor florestal proporciona grandiosa possibilidade de distribuição de renda para a sociedade, principalmente na atual crise econômica que o Brasil atravessa com milhões de pessoas desempregadas.

De acordo com os dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o Brasil tem por volta de 7,8 milhões de hectares de florestas de produção, o que corresponde a 0,9% do território brasileiro, sendo responsável por 91% de toda madeira produzida para fins industriais no país. Esse montante é representado por 71,79% de eucalipto, 20,51% de pinus e o restante constituído por Seringueira, Acácia, Teca e Paricá. A maior parte da madeira oriunda dos plantios é destinada para produção de celulose e papel, que corresponde a 34% do total dos plantios (IBÁ, 2017).

Em 2016, o setor florestal representou 1,1% e 6,2% respectivamente sobre o Produto Interno Bruto - PIB e PIB Industrial brasileiro, totalizando um valor de R\$ 71,1

bilhões (IBÁ 2017), apresentando importante contribuição na economia brasileira que atravessa grave crise econômica desde o ano de 2015.

Do ponto de vista ambiental, os 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas são responsáveis pelo estoque de aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (IBÁ, 2016; IBÁ, 2018), além de colaborar com a conservação de recursos hídricos, edáficos e a qualidade do ar (FREITAS et al., 2007).

## **2.2 Incêndios florestais**

Incêndio florestal é todo o fogo que ocorre de forma descontrolada ocasionado de maneira natural ou por ações antrópicas (VELEZ, 2000; FONSECA e RIBEIRO, 2003; TEBALDI, et al., 2012). Para Batista e Soares (2003), incêndio florestal é uma combustão que se propaga livremente sem controle queimando os materiais combustíveis naturais de uma região, diferenciando-se apenas pelas condições de topografia, climáticas e de composição do material combustível. Morais (2011) complementa destacando a dificuldade de se controlar incêndios florestais principalmente por ocorrerem em qualquer tipo de vegetação.

Parizzoto et al. (2008) definiram incêndio florestal como o maior agente causal de danos que florestas naturais ou de produção estão sujeitas. Apesar de conhecerem os benefícios do fogo desde a evolução humana na era primitiva até a primeira Revolução Industrial, os mesmos autores, são receosos com o aumento da quantidade e intensidade de ocorrências de incêndios florestais, pois estes ameaçam a manutenção da biodiversidade, as benfeitorias, os sistemas sustentáveis da flora e até mesmo a vida de pessoas.

Os incêndios florestais causam danos econômicos, sociais e ambientais (TETTO, 2012). O mesmo autor ressalta ainda que, embora o potencial de destruição do fogo seja conhecido pela população, a projeção futurista é de que ocorra um aumento tanto em quantidade como em intensidade das ocorrências de incêndios florestais.

Torres et al. (2016) consideram os incêndios florestais como uma das maiores ameaças a biodiversidade pois apresentam enorme potencial de impacto tanto nos aspectos bióticos como abióticos, além disso, inesperados e apresentam constante ameaça.

Na mesma linha de pensamento dos autores supracitados, Magalhães, Lima e Ribeiro (2012) classificaram incêndios florestais como um dos maiores modificadores e

problemáticos acontecimentos que podem ocorrer aos ecossistemas. Além disso, eles frisaram que os incêndios, além de contribuírem para a poluição atmosférica, têm capacidade de interferirem nas condições climáticas.

A grande quantidade de CO<sub>2</sub> emitido pelos incêndios florestais tem intensificado a destruição da camada de ozônio, contribuindo com o aumento das consequências do efeito estufa no planeta (CUSTÓDIO, 2006). Além disso, o autor alerta sobre a enorme capacidade de gerar danos imediatos ao meio ambiente como a deterioração do solo, poluição do ar e danos a fauna e flora.

Dentre os vários danos que os incêndios podem causar, destacam-se a influência negativa na fertilidade do solo, fragilização e fragmentação de ecossistemas, interferência em rodovias e no tráfego aéreo, gases prejudiciais ao meio ambiente, entre outros (TORRES, 2006).

De acordo com Alvares et al. (2014) a tratativa que é dada aos incêndios florestais é em função da gravidade dos impactos causados, principalmente pelas suas consequências ligadas aos impactos negativos causados no meio ambiente e sociedade.

Os incêndios florestais se destacam pela capacidade de modificar ecossistemas terrestres, pois influenciam na composição das espécies e na estrutura e função de comunidades (MONMANY et al., 2017). Os autores destacaram que em muitos casos, em ocorrências de grandes magnitudes, os incêndios florestais podem ser controlados apenas pelo clima.

### **2.2.1 Registros de ocorrências de incêndios florestais**

A maior dificuldade de estudos sobre incêndios florestais está na qualidade e disponibilidade de registros de ocorrências de incêndios. Não existe no mundo um modelo padrão de registro de incêndios florestais, e isso faz com que alguns registros se tornem ineficientes quanto ao seu propósito de servirem de subsídio para elaboração de planos de prevenção e combate aos incêndios florestais. A International Association of Fire and Rescue Services – CTIF (CTIF, 2017), corrobora destacando a fragilidade do setor ligado aos incêndios florestais onde a maioria dos países do planeta ainda não registra suas ocorrências.

Na maioria das vezes, os estudos relacionados aos incêndios florestais ocorrem através de análises de distribuição espacial devido à grande maioria dos registros ocorrerem apenas por imagens de satélites (MAINGI e HENRY, 2007; PRASAD et al.,

2008; DLAMINI, 2010). A desvantagem dessas limitações é o comprometimento de técnicas e medidas de prevenção e combate aos incêndios, uma vez que, pesquisas baseadas apenas em imagens de satélites são percebidas quando a ocorrência de incêndio demonstra “vestígios” do fogo.

Outro grande problema enfrentado na área de registro de incêndios florestais na maioria das vezes é a precariedade de informações. Por ser algo que já ocorreu, as vezes o registro é comparado com uma manutenção corretiva de um equipamento ao invés de preventiva, ou seja, é um fato já ocorrido que nada poderá ser alterado, restando apenas as consequências do incêndio. Muitas vezes esse fato proporciona certa carência de documentos, que são em alguns casos “perdidos” ao longo do tempo em almoxarifados e/ou descartados devido valor/importância dado por pessoas com baixo conhecimento especializado. Pereira et al. (2012) revela que no Brasil esse é um problema comumente enfrentado principalmente em instituições públicas, intensificado pela falta da sistematização de informações.

Torres et al. (2017) destacam a importância de registros históricos de incêndios florestais sólidos na geração de medidas adequadas de prevenção e combate, visando a mitigação dos danos proporcionados pelos incêndios, tanto econômicos como ambientais.

Visando melhor uso de recursos no combate aos incêndios florestais, o setor empresarial responsável por florestas de produção é o que apresenta bancos de dados de ocorrências de incêndios florestais confiáveis e completos. Isso reflete em investimentos tecnológicos em modelos e técnicas de prevenção e combate que proporcionam menores perdas (BONTEMPO, et al., 2011).

De acordo com Nunes et al. (2015) e Rodríguez et al. (2013) a eficiência do uso de recursos na prevenção e no combate de incêndios florestais é interligado com um registro sólido e confiável, pois esse tipo de registro evita que medidas de prevenção e combate sejam equivocadas, evitando gastos muitos elevados, acima do potencial de danos/prejuízos, ou gastos muito pequenos que seriam ineficientes em casos de ocorrências.

O registro de ocorrência de incêndios florestais possibilita analisar de maneira eficaz a possibilidade de ocorrer ou não incêndios em determinadas épocas do ano, assim como suas possíveis causas. Dessa forma, serve de subsídio na elaboração de planos de prevenção, uma vez que, depois de identificadas as causas e épocas, as ações e recursos podem ser direcionadas aos agentes causais visando reduzir o número de ocorrências (SOARES e SANTOS , 2003).

### 2.2.2 Causas dos incêndios florestais

Soares e Batista (2007) relatam que as causas dos incêndios florestais podem ser de maneira natural, por raios, ou por ações antrópicas, por negligência ou de maneira intencional, sendo classificado como incêndio criminoso. Dentre os modos de ocorrência de incêndios, o Serviço Florestal dos Estados Unidos seguido pela *Food and Agriculture Organization* - FAO os classificou da seguinte maneira (SOARES, 1988):

- a) incendiários – incêndios ocasionados de forma premeditada, com real intenção de iniciar um foco de incêndio, ou seja, realizado de “má fé”;
- b) queimas para limpeza – são incêndios oriundos de práticas de limpezas de áreas (queima de resíduos vegetais, eliminação de lixo, limpeza de pastagens), cujo objetivo era de ter o fogo sob controle, mas que por algum motivo se perdeu;
- c) fumantes – iniciados por fósforos de fumantes ou por resíduos de cigarros que ainda se encontra em combustão quando são descartados sem os devidos cuidados;
- d) operações florestais – provocados por atividades de máquinas e equipamentos em operações florestais, desde o plantio até o transporte da madeira posta em fábrica;
- e) recreação – quando são iniciados sem intenção em práticas de lazer, como trilhas, piqueniques e churrascos em florestas ou quando originados por pescadores e caçadores;
- f) estradas de ferro – incêndios oriundos de atividades a partir de linhas férreas, podendo ser pelo deslocamento de vagões, calor excessivo ou atividades de manutenção;
- g) raios – são descargas elétricas oriundas da atmosfera, mais comum em épocas chuvosas. Geralmente é representado com os menores percentuais de causas de incêndios florestais das regiões estudadas;
- h) diversos – são incêndios com causas conhecidas, entretanto, de baixa frequência como: rede elétrica, balões, automóveis, queda de avião...

Com base em informações estatísticas da época, Soares (1992) apontou nas áreas de reflorestamento do Brasil a queima para limpeza de área com 33,6%, os incendiários com 29,8% e os fogos de recreação com 10,9% como as principais causas de incêndios florestais entre os anos de 1983 a 1987.

No Parque Nacional da Serra da Canastra entre os anos de 1992 a 2003, as ações antrópicas corresponderam a 88,24 % das ocorrências, dividido entre limpeza de pastagem, fogo criminoso, garimpo e queimas em margens de estradas (FIEDLER, MERLO e MEDEIROS, 2006).

De acordo com a Divisão de Defesa da Floresta Contra Incêndios – DSDF, nos anos de 2000 a 2005, os incêndios florestais ocasionados de maneira intencional em Portugal corresponderam a 35,4% das ocorrências, seguido por causas indeterminadas com 27,4% e por 26,8% pelo uso negligente do fogo (DSDF, 2006). O mesmo estudo apontou que na Espanha entre os anos de 1994 a 2003, as causas dos incêndios florestais foram diferentes entre as localidades do país. O estudo subdividiu o país em 4 distintas regiões. O Nordeste do país ficou caracterizado por 77,8% das ocorrências originadas de maneira intencional. Já a região Mediterrânea correspondeu a 37,6% e 29,2% respectivamente pelo uso negligente do fogo e por incêndio criminoso. O interior da Espanha apresentou maior distribuição entre as formas indeterminadas, negligenciada e criminosa, correspondendo respectivamente a 37,6 %, 29,2% e 25,4%. Nas Ilhas Canárias, os incêndios ocasionados de maneira intencional corresponderam a 45,5% das causas, sendo o maior agente causal dessa região.

Um estudo realizado por Magalhães, Lima e Ribeiro (2012) apontou, com base nos Registros de Ocorrências de Incêndios (ROIs) do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) entre 1988 a 2008, a influência dos raios e dos incendiários na incidência dos incêndios florestais, correspondendo a 40,18 e 32,42% respectivamente (Tabela 1).

TABELA 1- Porcentagem de área queimada e de número de ocorrências em relação à causa do Parque Nacional da Serra da Canastra entre os anos de 1998 a 2008.

Causa	Área queimada (%)	Número de ocorrências (%)
Incendiários	73,75	32,42
Raio	12,41	40,18
Limpeza de pastagem	9,31	10,50
Não identificada	4,53	16,89

Fonte: Magalhães, Lima e Ribeiro (2012).

No Paraná, especificamente na Fazenda Monte Alegre em Telêmaco Borba, no período de 1965 a 2009, os incendiários foram os maiores causadores dos incêndios florestais, correspondendo a 54,2% das ocorrências, seguido por 16,2% de queimadas por limpeza de áreas (TETTO, 2015).

### 2.2.3 Época de ocorrência dos incêndios florestais

Soares (2009) destacou a importância do estudo sobre a época de ocorrência dos incêndios como direcionador estratégico para ações preventivas e de combate dos incêndios, possibilitando dessa forma, direcionar os recursos de maneira mais assertiva, utilizando-os em épocas mais críticas e desativando-os parcialmente em períodos de menor risco.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2007), os riscos de incêndios são totalmente correlacionados com as condições climáticas da região. O mesmo autor ainda afirma que a estação chuvosa é o período de menor possibilidade de ocorrência dos incêndios. Dessa forma, existem variações devido às localizações no planeta. Na América do Sul, por exemplo, em países como Brasil, Bolívia e norte da Argentina, do Chile e da Colômbia, os incêndios concentram-se no outono e inverno, já no Uruguai e no sul da Argentina, do Chile e da Colômbia, os incêndios são mais frequentes nos meses de novembro a maio.

Em estudos realizados no Parque Nacional (PARNA) de Ilha Grande, nos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, o período de maior risco de incêndios foi estabelecido pelos meses de agosto e setembro, correspondendo a 60% das ocorrências (KOPROSKI; BATISTA e SOARES, 2004). Esse mesmo período é citado por Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), em pesquisa no PARNA da Chapada dos Veadeiros (GO), sendo o período de maior ocorrência entre julho a setembro, com 64% das ocorrências. Corroborando, Aximoff e Rodrigues (2011) estabeleceram em seu estudo que no PARNA do Itatiaia (RJ/MG), nos meses de julho a outubro concentram-se os maiores riscos de incêndios, com maior índice no mês de agosto, representado por 32,8%.

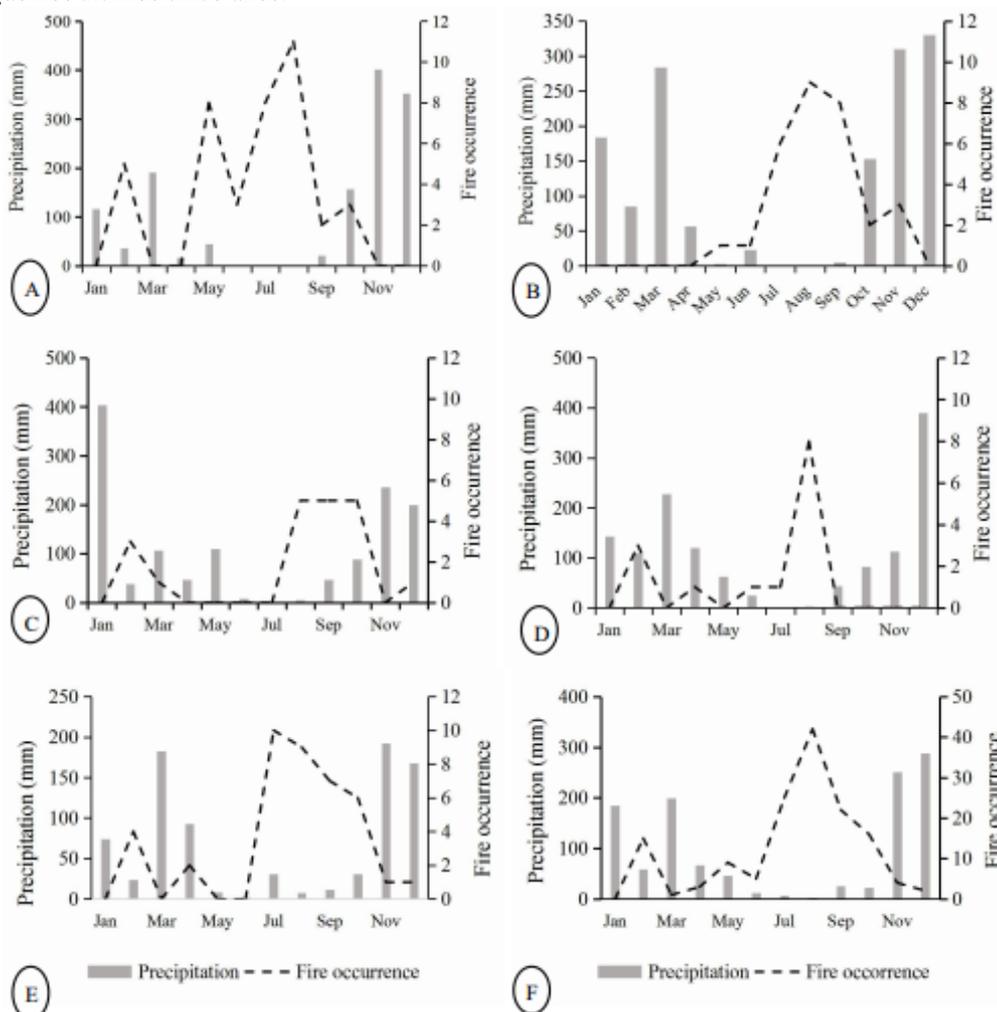
Já no estudo dos PARNAs supracitados em que houve análise dos incêndios florestais no Brasil entre 1983 a 2002, o período de maior risco de incêndios foi determinado por Soares, Batista e Santos (2006) entre os meses de junho a novembro, com maior criticidade nos meses de agosto e setembro.

Soares, Batista e Santos (2006) observaram que aproximadamente 45% dos incêndios registrados de 1998 a 2002 no Brasil ocorreram entre às 13 e 16 horas. De acordo com os mesmos autores, os dados avaliados foram contraditórios ao paradigma de que os incêndios tendem a ocorrer com mais frequência nos finais de semana pois, o número de ocorrências e de áreas queimadas não se diferenciou entre os dias da semana.

A caracterização de ocorrências de incêndios florestais para Viçosa – MG, entre os anos de 2010 a 2014 estabeleceu uma significativa relação com a precipitação, sendo

a época mais seca, entre os meses de julho a outubro, com os maiores números de ocorrências (Figura 1) (BARBOSA et al., 2016).

FIGURA 1 – Distribuição mensal do número de incêndios versus ocorrência de chuvas, entre os anos (A) 2010, (B) 2011, (C) 2012, (D) 2013, (E) 2014 e (F) os valores médios acumulados de incêndio e precipitação nos últimos cinco anos.



Fonte: Barbosa et al., (2016).

## 2.2.4 Influência dos fatores climáticos nos incêndios florestais

O conhecimento e interpretação correta dos fatores climáticos são de suma importância para as atividades que estão sujeitas às modificações do tempo (MBANZE, 2013). Com o setor florestal não é diferente. A meteorologia influencia diretamente no ciclo produtivo das florestas (SOARES, 2004).

A área específica de proteção florestal é influenciada diretamente pelas variáveis climáticas, especialmente sob a ocorrência de incêndios florestais (ZUMBRUNNEN et

al., 2011). Heikkila, Gronqvist e Jurvelius (2007) afirmavam que a ignição e propagação do fogo são extremamente influenciadas pelos elementos meteorológicos. Segundo Sibanda (2011), as condições climáticas interferem na severidade e quantidade de incêndios. Assim, o comportamento dos incêndios florestais é único a cada ocorrência.

Todos os grandes incêndios florestais historiados no mundo ocorreram em circunstâncias em que o local proporcionava condições climáticas extremas e fora da normalidade (DAVIS, 1959). O mesmo autor ainda reforçou que incêndios que atingem grandes proporções são intensificados por estiagens prolongadas, baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas. Essas combinações meteorológicas favoráveis a ocorrência de incêndios tende a propiciar maior número de ocorrências, conseqüentemente maiores áreas queimadas por registro (BERNARDINO, LOURENÇO e GONÇALVEZ, 2013).

As variações do clima podem favorecer ou dificultar a ocorrência dos incêndios florestais sendo que, a temperatura, umidade relativa do ar, vento e precipitação são as variáveis climáticas que mais interferem nas ocorrências e propagação de incêndios florestais (SANT'ANNA, FIEDLER e MINETTE, 2012; LOURENÇO e BERNARDINO, 2013).

A quantidade de precipitação de uma região associada à umidade relativa do ar irá influenciar na umidade do material combustível. Ou seja, esses fatores estão diretamente associados à capacidade de ignição e propagação do fogo (TORRES et al. 2017). Em épocas do ano onde a precipitação e umidade do ar são baixas, existe uma maior tendência de ocorrências de incêndios (HEIKKILA, GRONQVIST e JURVELIUS, 2007).

Dentre os elementos meteorológicos, existem dois grupos funcionais em uma ocorrência de incêndio, os que possibilitam/auxiliam ou não a ocorrência de incêndio, como temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação, e o outro grupo liderado pela velocidade do vento que é o maior responsável pela propagação do fogo (SANTOS, SOARES e BATISTA, 2006; TORRES, 2006; SANT'ANNA, FIEDLER e MINETTE, 2012).

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar influenciam diretamente no potencial de inflamabilidade dos combustíveis. Quando os valores da umidade relativa ficam abaixo de 30%, as condições do ambiente tornam-se favoráveis para ignição do fogo por existir uma maior quantidade de oxigênio no ambiente.

A precipitação é o fator mais limitante para a ocorrência de incêndios, por existir uma forte correlação negativa entre precipitação e quantidade de ocorrência de incêndios, ou seja, quando a precipitação é baixa ou concentrada, o número de ocorrências tende a

umentar. Por outro lado, dificilmente ocorrerá ignição do fogo em locais com precipitação (TETTO, BATISTA e SOARES, 2012).

### **2.3 Etapas no combate aos incêndios florestais**

A melhor maneira de proteger as florestas contra a ocorrência de incêndios são ações preventivas (RIBEIRO et al., 2006). A prevenção é a etapa mais importante nas ocorrências de incêndios, pois um incêndio evitado não causa danos e não consome recursos de combate (SOARES, 1985; SOARES, 2001). Corroborando com os demais autores supracitados, Soares e Batista (2007) alertam que a prevenção só é eficiente quando as ações preventivas são constantes ao longo do ano.

Mesmo que existam medidas e técnicas preventivas contra incêndios florestais, sempre haverá possibilidade de que o mesmo ocorra (SOARES, 2001; CANZIAN, et al, 2016). Nesse caso, o controle dos incêndios passa a depender do combate, que consiste na eliminação de ao menos um componente do tetraedro do fogo, ou seja, da fonte de combustível, do calor, do oxigênio ou da reação em cadeia (SANT'ANNA, FIEDLER e MINETTE, 2007)

O combate dos incêndios florestais deve ser um procedimento metódico e rigoroso, principalmente no que diz a respeito ao tempo, uma vez que, quanto menor o tempo das fases do combate, menor tende a ser a proporção do incêndio (BONAZOUNTAS, et al., 2007). Corroborando com os autores supracitados, Fiedler, et al. (2012) destaca o binômio tempo x fogo como uma correlação positiva, uma vez que, quanto maior o tempo de combate, maior serão os danos ocasionados pelo fogo.

De acordo com o Corpo de Bombeiros do Paraná (CBPMPR), todo combate de incêndio florestal se inicia na detecção e termina na desmobilização, seguindo naturalmente um procedimento de 9 diferentes etapas, sendo elas: detecção, comunicação, mobilização, deslocamento, tomada de decisão, combate, rescaldo, reunião final e desmobilização (CBPMPR, 2010).

#### **1ª Detecção**

É o momento em que o incêndio é diagnosticado, consiste no intervalo de tempo entre a ignição e o momento que é identificado por alguém ou algum sistema de monitoramento e a localização da área (PESSIN, et al., 2007; CBPMPR, 2010).

A forma de detecção mais frequente no meio florestal é através do monitoramento das áreas com o uso de torres de vigilância estrategicamente em pontos onde a visibilidade do maciço florestal apresente boa cobertura. As estruturas consistem em uma base de metal ou madeira com uma cabine no ápice, onde fica um vigia de prontidão. Outras maneiras também utilizadas na detecção são através de: satélites, ronda, avião e comunicado de terceiros (LAGARES, 2006).

Detecções eficientes proporcionam maiores chances de sucesso no combate, uma vez que, quanto mais rápido diagnosticado o incêndio, menor tende ser o tamanho do mesmo, conseqüentemente, mais fácil de combater (CBPMPR, 2010).

O sistema de vigilância com câmeras possibilitou melhorias nas condições de trabalho do observador, uma vez que, depois de instaladas as câmeras, os funcionários que ficavam na cabine das torres passaram a ficar acomodados em salas climatizadas num modelo de central de vídeo monitoramento, onde, através de telas de televisão o operador consegue observar várias câmeras simultaneamente (STIPANIČEV, 2012; ÇETIN, et al., 2013).

Em grandes maciços florestais onde o acesso é restrito, a detecção é realizada através de imagens de satélite com leituras de focos de calor, que podem ou não ser incêndios, mas representam uma área com temperaturas superiores a 47 °C (BATISTA, 2004). No Brasil, o mapa de calor de detecção de focos de incêndios é disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em parceria com o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente) (LEMOS, 2015).

## **2ª Comunicação**

A fase de comunicação é a transferência da informação da detecção e localização do incêndio pelo torrista até uma central e/ou os combatentes. Esse processo geralmente é realizado por celular e/ou rádio transmissor-receptor (LAGARES, 2006; PESSIN, et al., 2007).

A agilidade na comunicação ajuda a minimizar as perdas causadas pelo fogo, além disso, a precisão da informação com maior assertividade do local da ocorrência proporciona menores tempos de deslocamento (LIMA e SOARES, 1994), ou seja, a comunicação definirá o sucesso no combate do incêndio (FIEDLER, et al., 2018).

### **3ª Mobilização**

É a ação dos combatentes até estarem de prontidão para o início do deslocamento, ou seja, é o intervalo de tempo após o comunicado do incêndio até o momento do início do deslocamento. A agilidade na mobilização depende do treinamento e de um responsável para coordenar essa etapa, com definições de funções e responsabilidades dos combatentes (LAGARES, 2006; PESSIN, et al., 2007; CBPMPR, 2010).

### **4ª Deslocamento**

O deslocamento consiste na distância percorrida e no tempo gasto pela equipe de combate desde a saída do local de mobilização até o local do incêndio (LAGARES, 2006; PESSIN, et al., 2007). O percurso deve ser planejado antecipadamente visando otimizar a distância e o tempo de deslocamento, por isso é necessários que as rotas, estradas e aceiros estejam sempre com as manutenções adequadas (CBPMPR, 2010)

Veículos de combate com menor número de combatentes e com menor volume de água proporcionam maior mobilidade e agilidade no deslocamento. Essa característica possibilita chegada mais rápida aos incêndios, logo, maiores chances de encontrar o mesmo em baixas proporções, o que facilita o combate (CANZIAN, et al., 2018).

### **5ª Tomada de decisão**

Após chegar ao local do incêndio, o responsável pelo combate deve tomar conhecimento das proporções e do comportamento do mesmo, e a partir daí, planejar as ações a serem tomadas (LAGARES, 2006; PESSIN, et al., 2007; CBPMPR, 2010). O dimensionamento da equipe e dos equipamentos disponíveis devem ser analisados a fim de verificar a necessidade ou não de reforços (CHANDLER, et al., 1983).

No decorrer das ações de combate do incêndio, a estratégia inicial deve ser constantemente revisada de acordo com o comportamento do fogo, condições da equipes, tipo de relevo, vento, dentre outros aspectos relacionados à atividade (PESSIN, et al., 2007).

## **6ª Combate**

Consiste no tempo de extinção do fogo através da eliminação de ao menos um elemento do triângulo do fogo (PESSIN, et al., 2007; CBPMPR, 2010; FIEDLER, et al., 2018).

A escolha do método de combate é avaliada de acordo com as características do fogo, sendo levado em consideração, tipo de material combustível, relevo, condições climáticas e outros parâmetros. Após analisado a ocorrência de incêndio, o responsável pela ocorrência é quem determina o método de combate, sendo eles; método direto, indireto e paralelo (FIEDLER et al., 2012).

O método direto consiste no ataque dos brigadistas direto nas chamas, geralmente utilizando ferramentas como abafadores e bomba costal. Esse método é indicado apenas para incêndios superficiais de baixa intensidade (FIEDLER et al. 2012).

O método indireto é utilizado em incêndio de superfície com alta intensidade ou incêndios de copas, onde o risco para com os brigadistas é elevado. Nesse caso, o combate ocorre por eliminação do material combustível, geralmente através do uso de aceiro (FIEDLER et al. 2018).

A tecnologia de retardantes de fogo tem possibilitado uma nova alternativa para o combate indireto. Os princípios químicos dos retardantes de fogo, quando bem aplicados, podem evitar que o fogo avance sobre uma linha úmida de aceiro, conhecido como aceiro molhado. Nessa técnica não existe a remoção do material combustível, entretanto, a linha de defesa é realizada com o produto, sozinho ou misturado em água (CANZIAN, et al., 2016).

O método paralelo consiste na combinação dos dois métodos supracitados na mesma frente de fogo, ou seja, os dois métodos são realizados juntos para maior efetividade do combate. Geralmente é utilizado em situações onde o fogo não permite a aproximação dos combatentes (DE CASTRO, 2003; FIEDLER et al., 2012). Nesse caso, é realizado um aceiro de 0,5 m à 1m de largura no sentido da linha do fogo para diminuir a intensidade das chamas e possibilitar o ataque direto pelos combatentes (SOARES e BATISTA, 2007).

## **7ª Rescaldo**

O rescaldo é a atividade que deve ser realizada posteriormente ao controle do fogo para impedir que o mesmo volte a se alastrar. Nessa etapa todo cuidado é indispensável, e em muitos casos, é necessário fiscalizar o perímetro da ocorrência a fim de descobrir e eliminar fontes potenciais de reativar o fogo (CBPMMPR, 2010; FIEDLER et al., 2012).

## **8ª Desmobilização**

É o momento de conferência da equipe de combatentes e de toda estrutura utilizada no combate (CBPMMPR, 2010). Nesse momento, deve ser realizado a limpeza e recolhimento de máquinas, ferramentas e equipamentos, além disso, deve ser analisado a necessidade de manutenções e reposição da estrutura danificada (FIEDLER, et al.,2018).

## **9ª Regresso das guarnições**

É à distância percorrida e o tempo de deslocamento de retorno da ocorrência combatida. Nesse momento, deve haver comunicação entre o responsável pelo combate e a central de comunicação, a fim de direcionar o ponto do destino da brigada (CBPMMPR, 2010).

## **3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS**

ALVARES, C. A. et al. Perigo de incêndio florestal: aplicação da Fórmula de Monte Alegre e avaliação do histórico para Piracicaba, SP. **Scientia Forestalis**. For, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 521-532, 2014.

AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. de C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83 - 92, 2011.

BARBOSA, F. M. et al. Characterization of fire occurrences (2010-2014) in the southeast of Brazil. **American Journal of Agricultural Research**. v. 1, n.1, p.10 - 14, 2016.

BATISTA, A. C.; SOARES R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003. 52 p.

BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Revista Floresta**, v.34, n.2, p.237-241, 2004.

BONAZOUNTAS, M., et al. Decision support system for managing forest fire casualties. **Journal of Environmental Management**, v. 84, n. 4, p. 412 - 418, 2007.

BERNARDINO, S.; LOURENÇO, L.; GONÇALVES, J. **Incêndios florestais e risco de ignição nos distritos de Coimbra e Castelo Branco, entre 1981 e 2010**. Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos, NIGP, p. 45-61, 2013.

BONTEMPO, G. C., LIMA, G. S., RIBEIRO, G. A., DOULA, S. M., & JACOVINE, L. A. G. Registro de Ocorrência de Incêndio (ROI): evolução, desafios e recomendações. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 247-263, 2011.

CANZIAN, W. P., et al. Diferentes concentrações de retardante de fogo em plantios de eucalipto. **Nativa**, v. 4, n. 4, p. 195-198, 2016.

CANZIAN, W. P., et al. Eficiência do uso da água em métodos de combate a incêndios em florestas plantadas. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 309-312, 2018.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da Economia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

ÇETIN, A. E., et al. Video fire detection–review. **Digital Signal Processing**, v. 23, n. 6, p. 1827-1843, 2013.

CHANDLER, C., et al. **Fire in forestry: Forest fire management and organization**. John Wiley e Sons, New York, 298 p., 1983.

CORPO DE BOMBEIROS DA PMPR (CBPMPR). **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: CBPMPR, 2010.

CUSTÓDIO, M. M. **Incêndios florestais no Brasil**. Conferência Grupo de Estudos de Incêndios Florestais. Universidade de Valladolid, 2006.

DAVIS, K.P. **Forest fire: control and use**. New York, McGraw-Hill, 584 p.1959.

DE CASTRO, C. F., et al. Combate a incêndios florestais. **Escola Nacional de Bombeiros**, v. 13, 2003.

DLAMINI, W. M. A Bayesian belief network analysis of factors influencing wildfire occurrence in Swaziland. **Environmental Modelling and Software**, v. 25, n. 2, p. 199–208, 2010.

Divisão de Defesa da Floresta Contra Incêndios (DSDF). **Incêndios Florestais - Relatório de 2005**. Portugal, 2006.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 153-161, 2006.

FIEDLER, N. C., et al. Combate aos incêndios florestais. In: TEBALDI, A. L. C., et al. **Controle de incêndios florestais: contribuições para o Corredor Central da Mata Atlântica**. Cariacica, 2012. P. 68 - 103.

FIEDLER, N. C., et al. Técnicas e equipamentos de combate aos incêndios florestais. In: LORENZON, A. S., et al. **Incêndios florestal, princípios, manejo e impactos**. Viçosa, Ed. UFV, 2018, p. 200 - 239.

FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção e controle de incêndios florestais**. Belo Horizonte, CEMIG, 2003.

FREITAS, L. C. et al. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos. **Revista Ceres**, v. 54, p. 292-303, 2007.

GOMES, P. R. **Incêndios e detidos por crime de incêndio florestal em Portugal**, Minho, 176 p. (Mestrado em Geografia - Área de especialização em Planeamento e Gestão do Território) - Universidade do Minho, Portugal, 2012.

HEIKKILA, T. V.; GRONQVIST, R.; JURVELIUS, M. **Wildl and fire management**, handbook for trainers. Ministry for Foreign Affairs of Finland, Development Policy Information Unit, Helsinki, 248 p. 2007.

Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. **Relatório Ibá 2016**: ano base 2015. São Paulo, SP, 2016.

\_\_\_\_\_. **Relatório Ibá 2017**: ano base 2016. São Paulo, SP, 2017.

\_\_\_\_\_. **Dados do Relatório Ibá 2018**: ano base 2017, 6p. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2019.

International association of fire and rescue services (CTIF). **Center of fire statistics**. World fire statistics. nº 22, National committees CTIF of Russia, Germany, USA, 2017. Disponível em: <[http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif\\_report22\\_world\\_fire\\_statistics\\_2017.pdf](http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report22_world_fire_statistics_2017.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2018.

JUVENAL, L. T.; MATTOS, R. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3 - 30, 2002.

KENGEN, S. **A política florestal brasileira: uma perspectiva histórica**. Porto Seguro: Série Técnica IPEF, n. 34, p. 18-34, 2001.

KOPROSKI, L. de P.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional de Ilha Grande – Brasil. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 193 - 197, 2004.

LAGARES, R. de O. **Análise da efetividade e eficácia do plano de prevenção e combate a incêndios florestais no Distrito Federal**. 2006. 181 p. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Brasília, UNB, 2006.

LEMO, L. C. M. **Estudo comparativo de tecnologias para detecção precoce de incêndios florestais em áreas de reflorestamento no Brasil**. 2015. 54 p. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento. Belo Horizonte, Universidade FUMEC, 2015.

LIMA, G. S.; SOARES, R. V. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais no Brasil. **Floresta**, v. 22, n. 1/2, P. 25 - 38, 1994.

LOURENÇO, L.; BERNARDINO, S. Condições meteorológicas e ocorrência de incêndios florestais em Portugal Continental (1971-2010). **Cadernos de Geografia, Coimbra**, FLUC-PT, n.32, p.105-132, 2013.

MACHADO, C, C. **Colheita Florestal**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 543p. 2014.

MAGALHÃES, S. R.; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A. Avaliação dos incêndios florestais ocorridos no Parque Nacional da Serra da Canastra - Minas Gerais. **Cerne**. v. 18, n. 1, p. 135-141, 2012.

MAINGI, J. K.; HENRY, M. C. Factors influencing wildfire occurrence and distribution in eastern Kentucky, USA. **International Journal of Wildland Fire**, n. 16, p. 23-33, 2007.

MBANZE, A. A. Assessment of causes that contribute to the occurrence of plantations forests fires in Niassa Province, North of Mozambique. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p. 5684-5691, 2013.

MONMANY, A. C. et al. Characterizing Predictability of Fire Occurrence in Tropical Forests and Grasslands: The Case of Puerto Rico. **Forest Ecology and Conservation**. v. 4, p. 77-95, 2017.

MORAIS, J. C. M. **Principais causas dos incêndios florestais e queimadas**. IBAMA/PREVFOGO: Brasil, p. 1-35, 2011.

MOREIRA, J, M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 85 - 94, 2017.

NUNES, A. et al. Vulnerabilidade a incêndios na Europa Mediterrânea. Abordagem conceptual e a utilização de dados de satélite. In: **Atas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica** – Sessão 5, Artigo 18. Coimbra, Portugal, 2015. Disponível em: <  
[https://digitalis.uc.pt/ptpt/livro/vulnerabilidade\\_incendios\\_na\\_europa\\_mediterranea\\_abordagem\\_conceptual\\_e\\_utilizacao\\_de\\_dados\\_de](https://digitalis.uc.pt/ptpt/livro/vulnerabilidade_incendios_na_europa_mediterranea_abordagem_conceptual_e_utilizacao_de_dados_de) >. Acesso em: 20 maio 2018.

PARIZOTTO, W. et al. Controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 651-662, 2008.

PEREIRA, A. A. et al. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital. **Cerne**, Lavras, MG, v. 18, n. 2, p. 335-343, abr./jun. 2012.

PEREIRA, C. A.; FIEDLER, N. C.; DE MEDEIROS, M. B. Análise de ações de prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação do Cerrado. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004.

PESSIN, G., et al. Simulação virtual de agentes autônomos para a identificação e controle de incêndios em reservas naturais. **IX SVR**, v. 1, p. 236-245, 2007.

PRASAD, V. K.; BADARINATH, K. V. S.; EATURU, A. Biophysical and anthropogenic controls of forest fires in the Deccan Plateau , India. **Journal of Environmental Management**, v. 86, p. 1–13, 2008.

RIBEIRO, G. A., et al. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, 2006.

RODRÍGUEZ, M. P. R. et al. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte Alegre, Brasil, e de Pinar Del Rio, Cuba. **Floresta**, v. 43, n. 2, p. 231- 240, abr./jun. 2013.

SANT'ANNA, C. M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J. **Controle de incêndios florestais**. Alegre: Suprema, 2007. 152p.

SANT'ANNA, C. M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J. Meteorologia aplicada aos incêndios florestais. In: TEBALDI, A. L. C. et al. **Controle de incêndios florestais: contribuições para o Corredor Central da Mata Atlântica**. Cariacica, 2012. p 12 - 14.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, v. 36, n.1, p. 93-100, 2006.

SIBANDA, C. **Modelling forest fire behaviour and carbon emission in the Ludikhola Watershed, Gorkha District, Nepal**. 81 p. (Mestrado em Ciências de Geo-informação e

observação da Terra) - Faculdade de Ciências de Geo-informação e observação da Terra, University of Twente, Enschede, Netherlands, 2011.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais** - controle e uso do fogo. Curitiba: Fundação de Pesquisa florestal do Paraná, 1985. 213 p.

\_\_\_\_\_. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1984 a 1987. **Floresta**. v. 18, n. 1/2, 1988.

\_\_\_\_\_. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Floresta**, v.22, n.1-2, p.39-54, 1992.

\_\_\_\_\_. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil**. In: 2º Simpósio latino americano de controle de incêndios florestais, Piracicaba, 2001.

\_\_\_\_\_. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 195 p. 2004.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: UFPR, 2007.

SOARES, R. V. Estatísticas dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, p. 1 – 20, 2009.

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 1. ed. Curitiba, v. 1. 264 p. 2007.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. **Evolution of forest fire statistics in brazilian protected lands in the last 20 years**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH. Portugal, 5 ed., 2006.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, v.32, n.2, p.219-232, 2003.

STIPANIČEV, D. Intelligent Forest Fire Monitoring System—from idea to realization. **Annual... of the Croatian Academy of Engineering**, v. 2010, p. 58, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Fire management: global assessment 2006**. FAO Forestry Paper 151, Roma: FAO, 156 p. 2007.

TEBALDI, A. L. C. et al. **Controle de incêndios florestais: contribuições para o corredor central da Mata Atlântica**. Cariacica, ES, 155p. 2012.

TEBALDI, A. L. C. et al. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 538-549, 2013.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná, no período de 2005 a 2010. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p. 391 - 398, 2012.

TETTO, A. F. et al. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **Cerne**, v. 21 n. 3, p. 345-351, 2015.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, p.162 - 171, 2006.

TORRES, F. T. P. et al. Influência do relevo nos incêndios em vegetação em Juiz de Fora (MG). **GEographia**. v. 18, n. 36, 2016.

TORRES, F. T. P. et al. Analysis of efficiency of fire danger indices in forest fire Prediction. **Revista Árvore**, v. 41, n. 2, 2017.

TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**. v. 24, 2017.

VÉLEZ, R. M. **La defensa contra incêndios forestales – fundamentos y experiências**. Madrid: McGraw-Hill, 2000.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S. Queimadas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 561-570, 2016.

ZUMBRUNNEN, T. et al. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. **Forest Ecology and Management (Science Direct)**, v. 261, p. 210 - 219, 2011.

## CAPÍTULO I

### ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FLORESTAS DE PRODUÇÃO E A INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

**Resumo:** A quantidade e intensidade dos incêndios florestais tem sido destaque mediante às perdas e os impactos sociais, ambientais e econômicos. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi identificar o perfil dos incêndios, assim como suas causas e correlacionar a influência dos elementos meteorológicos sob as ocorrências de incêndios em florestas de produção, visando direcionar o uso de recursos em técnicas e medidas de prevenção, além de estruturas de combate. O estudo teve como subsídio o banco de dados da série histórica de 10 anos de registro de ocorrência de incêndios e de variáveis meteorológicas, oriundas de 26 estações meteorológicas de uma empresa produtora de eucalipto para celulose, no norte do estado do Espírito Santo e sul do estado da Bahia, no período de 2008 a 2017. De acordo com os resultados, 91,4% das 33.075 ocorrências ao longo dos 10 anos foram originadas por incendiários. A umidade relativa é o elemento meteorológico que mais influenciou na possibilidade de ocorrer incêndios na área do estudo. Em média, a correlação de Pearson aplicada entre os meses do ano e os elementos meteorológicos apresentou correlação negativa moderada de -0,52 para a umidade relativa em Posto da Mata e baixa correlação negativa para as demais regionais. Além disso, as médias de correlação de todas as quatro regionais apresentaram correlação desprezível para temperatura e precipitação. Na média das quatro regionais, os meses, janeiro, setembro e outubro foram os únicos a concentrarem mais do que 10% das ocorrências entre os meses do ano, respectivamente 12,14; 11,33 e 14,76% das ocorrências, totalizando 38,24%. Dessa forma, regiões onde a origem dos incêndios florestais é majoritariamente por ação intencional e criminosa, as ações de prevenção e combate aos incêndios florestais devem ser planejadas contemplando todos os meses do ano, uma vez que, as ocorrências nesse caso não são dependentes das condições climáticas.

Palavras-chave: clima, incendiários, impactos ambientais do fogo.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o Brasil tem por volta de 7,8 milhões de hectares de florestas de produção, sendo esse montante representado por 71,79% de eucalipto, 20,51% de pinus e o restante constituído por Seringueira, Acácia, Teca e Paricá (IBÁ, 2017).

Dentre as espécies florestais plantadas no país e no mundo, cada uma tem suas peculiaridades, como, por exemplo, o eucalipto que, após dois anos de idade, geralmente a maioria dos plantios são florestas com árvores de copa pequena e pouco adensada. Esse fato proporciona quantidade significativa de sub-bosque com ocorrência de plantas

competidoras que se tornam, junto com a desfolha e desrama natural das espécies de eucalipto, parte de uma grande camada orgânica de material combustível altamente inflamável, o que torna essas florestas susceptíveis à ocorrência de incêndios.

Um dos acontecimentos com maior potencial de danos às florestas são os incêndios florestais, pois sua ocorrência resulta em impactos sociais, ambientais e econômicos. Especificamente em florestas de produção, os danos econômicos causados pelos incêndios florestais são diretos e podem refletir no planejamento da área afetada por um período de tempo de até um ciclo produtivo.

Em razão da susceptibilidade dessas áreas frente ao alto potencial de ocorrência de incêndios e à impossibilidade da certeza de que os incêndios não ocorram, os estudos de prevenção e combate tornam-se essenciais na elaboração de ações estratégicas que contribuam na prevenção. A eficiência de qualquer estudo está em fundamentações, e na área de incêndios florestais não é diferente. O registro de ocorrência de incêndios florestais (ROIs) é fundamental no direcionamento de medidas de prevenção e combate. De acordo com Torres et al. (2017) registros históricos de incêndios florestais sólidos são essenciais em planos de prevenção e combate.

Principalmente no aspecto de prevenção, o conhecimento da causa do incêndio é primordial para que se possam ser direcionadas medidas mitigadoras. De acordo com Soares e Batista (2007), as causas dos incêndios florestais podem ser de maneira natural, por raios, ou por ações antrópicas, por negligência ou de maneira intencional, sendo este último classificado como incêndio criminoso.

Incêndios florestais ocasionados por seres humanos de forma negligente, na maioria das vezes, são oriundos de fogueiras mal apagadas, cigarros descartados sem os devidos cuidados, ou falta de atenção no uso do fogo em locais com material combustível (OLAWOYIN, 2018).

Para Nunes et al. (2015), Rodríguez et al. (2013) e Tetto et al. (2015), a eficiência do uso de recursos na prevenção e no combate de incêndios florestais é interligado com um registro sólido e confiável, não permitindo que medidas equivocadas, evitando gastos muitos elevados, acima do potencial de danos/prejuízos, ou gastos muitos pequenos que seriam ineficientes em casos de ocorrências.

As condições climáticas são fatores que podem ou não limitar ou interferir nas ocorrências de incêndios florestais. Ocorrências cujas causas são naturais ou por ações antrópicas negligentes, acredita-se que há uma correlação fortemente positiva. Dessa maneira, os estudos de prevenção e combate podem ser efetuados considerando escalas

temporais medianas e/ou longas, onde períodos de estiagem, com baixos volumes de precipitação, teores de umidade e elevadas temperaturas favorecem a ocorrência de incêndios.

Heikkila, Gronqvist e Jurvelius (2010) afirmaram que a ignição e propagação do fogo são extremamente influenciadas pelos elementos meteorológicos. Complementando, Sibanda (2011), afirmou que as condições climáticas interferem na severidade e quantidade de incêndios, e que dessa forma, o comportamento dos incêndios florestais é único a cada ocorrência.

De maneira geral, os elementos meteorológicos são extremamente influenciadores tanto na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais como na propagação. Contudo, tais influências podem ser tanto quanto distintas em condições onde a origem do fogo é ocasionada de forma natural e por negligência das ocorrências proporcionadas de forma proposital por meio de ações criminosas.

O uso de dados históricos dos ROIs associados aos elementos meteorológicos é fundamental no direcionamento de técnicas e medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais. Desta forma, este estudo teve como objetivo identificar o perfil dos incêndios florestais, assim como suas causas e correlacionar a influência dos elementos meteorológicos com as ocorrências de incêndios florestais, em florestas de produção.

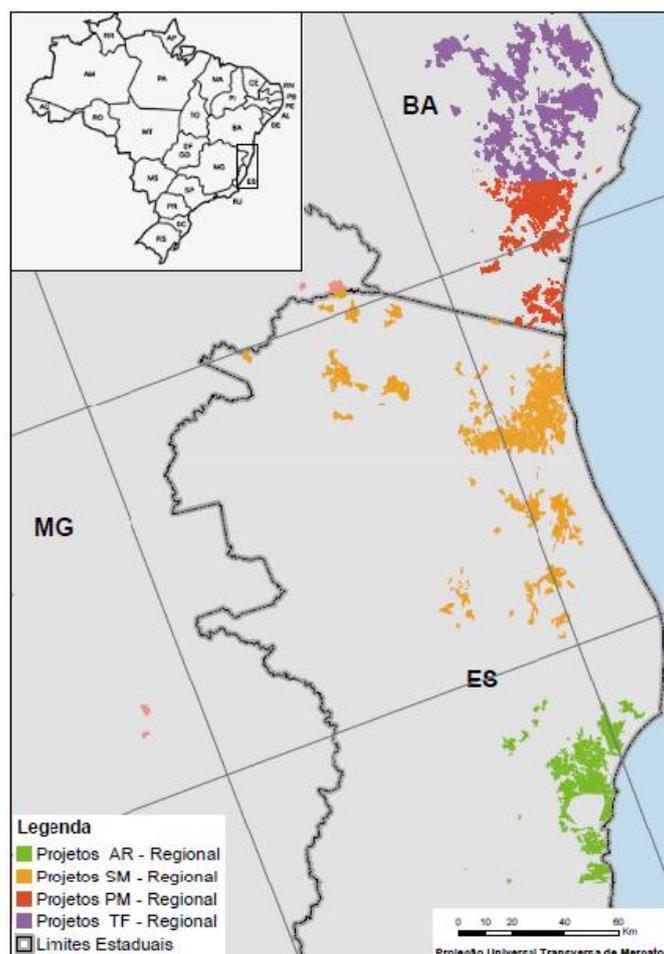
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização das áreas de estudo**

O estudo foi realizado nas áreas de uma empresa privada produtora de eucalipto para celulose, com áreas de cultivo distribuídas em 4 regionais, localizadas nos municípios de Aracruz e São Mateus, estado do Espírito Santo e nos municípios de Nova Viçosa (especificamente no distrito de Posto da Mata) e Teixeira de Freitas, no estado da Bahia.

As áreas das regionais estão entre as coordenadas: latitudes de 17° 15' 08"S e 20° 07' 02"S; e longitudes 39° 13' 23"W e 40° 06' 53"W, respectivamente, que correspondem às áreas com até 100 km de distância do litoral (Figura 1).

Figura 1 - Localização das áreas de estudo.



Onde: AR – Aracruz, SM – São Mateus, PM – Posto da Mata e TF – Teixeira de Freitas.  
Fonte: O autor.

Regional Aracruz (ES) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Aw, quente e úmido, com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 26° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.200 a 1.400 mm (INCAPER, 2011).

Regional São Mateus (ES) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Am, tropical úmido sem estação seca pronunciada, caracterizado pela concentração de menos de 65% da precipitação total na primavera e verão (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 25° C e 30° C e precipitação média de 1.313 mm, concentrando as chuvas nos meses de outubro a abril (INCAPER, 2011).

Regional Posto da Mata (BA): conforme o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Am, tropical chuvoso de

monção, com inverno seco, entretanto com ao menos 60 mm de precipitação. É uma transição entre o Af e o Aw, caracterizado pelo mês mais frio apresentar médias acima de 18° C (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 22° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.000 a 1.300 mm (ALVARES et al., 2013).

Regional Teixeira de Freitas (BA) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Af, quente com ao menos 60 mm de precipitação nos meses mais frios (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 23° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.300 a 1.600 mm (ALVARES et al., 2013).

No aspecto social, cada regional tem suas peculiaridades quanto às questões que envolvem à responsabilidade social da empresa. As regionais localizadas no Estado do Espírito Santo, como a de Aracruz, caracteriza-se por apresentar áreas ao entorno de comunidades indígenas, que apresentam frequentes desafios à empresa deste estudo. Já a regional de São Mateus, possui em suas áreas circunvizinhas, a presença expressiva de comunidades quilombolas que dependem do uso da terra para o próprio sustento.

As regionais da BA possuem em suas proximidades, assentamentos do Movimento dos Trabalhadores Sem Terra. Ressalta-se que, nessas áreas regionais existem diferentes projetos sociais ofertados pela empresa para essas comunidades supracitadas (FIBRIA, 2017).

## **2.2 Obtenção e análise dos dados**

O estudo foi realizado com base no banco de dados de registro de ocorrência de incêndios florestais da empresa, que, por motivos de sigilo industrial não terá seu nome denominado neste trabalho. Os registros foram analisados entre os anos de 2008 a 2017, correspondentes a um período de 10 anos, sendo composto pelas seguintes informações: número de ocorrências, causas, coordenadas geográficas, data da ocorrência e área total queimada em cada foco.

As causas dos incêndios eram registradas, na maioria das vezes, pelos brigadistas funcionários da empresa e por sistema de vídeo monitoramento por câmeras que cobre em torno de 90 % das áreas analisadas, sendo responsável pela identificação dos focos de incêndios (Figura 2).

Figura 2 - Central de vídeo monitoramento de incêndios florestais.



Fonte: O autor.

A categorização das causas de ocorrências dos incêndios foi realizada através da classificação utilizada pela *Food and Agricultural Organization* - FAO (SOARES, 1988), subdivididos entre oito grupos: raios, incêndio criminoso, queimas para limpeza, fumantes, operações florestais, fogos de recreação, estradas de ferro e diversos.

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica mais próxima da área de ocorrência dos incêndios dentre as 26 estações que estão distribuídas nas áreas de plantio da empresa. As análises de correlação foram realizadas com os elementos meteorológicos que possibilitam condições ou não de ocorrer incêndio, sendo eles: temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação. A coleta dos dados meteorológicos é automatizada e diária.

As informações meteorológicos analisados foram somente os dados registrados no dia da ocorrência de incêndios. Foi realizada a interpolação dos dados entre as duas estações meteorológicas mais próximas do local de cada ocorrência.

A análise de correlação foi realizada por meio da estatística descritiva do coeficiente de correlação de Pearson e interpretada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de tamanho do coeficiente de correlação de Pearson e sua interpretação.

Classe de tamanho	Interpretação
0,9 a 1,0 (- 0,9 a - 1,0)	Correlação positiva muito alta (negativa)
0,70 a 0,89 (- 0,7 a - 0,89)	Alta correlação positiva (negativa)
0,50 a 0,69 (- 0,50 a - 0,69)	Correlação positiva moderada (negativa)
0,30 a 0,49 (-0,30 a - 0,49)	Baixa correlação positiva (negativa)
0 a 0,29 (0 a - 0,29)	correlação desprezível

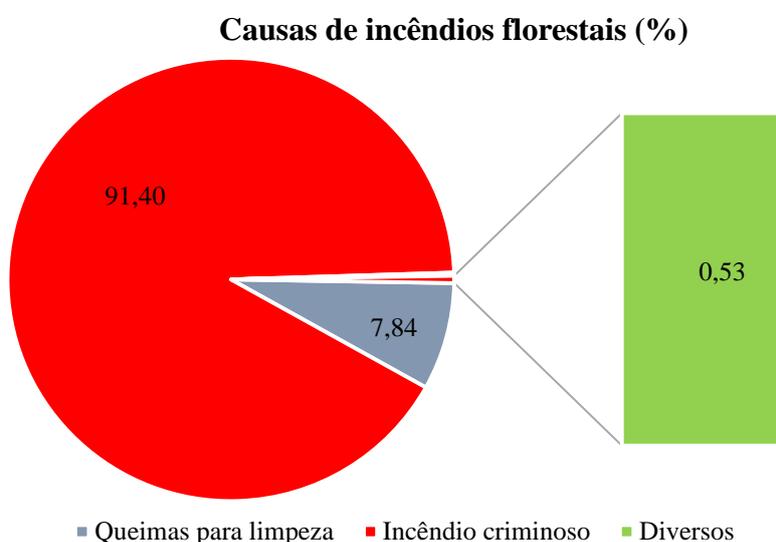
Fonte: Adaptado de Hinkle et. al (2003).

A distribuição mensal média da quantidade de ocorrências de incêndios florestais da série histórica foi analisada através da análise de variância para cada regional durante os 10 anos analisados. Quando o valor de “F” foi significativo, as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância para descobrir se existiu diferença entre os meses do ano mediante a quantidade de ocorrências de incêndios florestais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na série histórica correspondente aos 10 anos analisados, entre 2008 e 2017, foram registradas 33.075 ocorrências de incêndios nas áreas deste estudo, sendo possível identificar as causas em 64,32% das ocorrências. As causas não diferiram estatisticamente entre as regionais ao nível de 5% pelo teste Tukey, sendo representada na Figura 3 a média de causas dos incêndios nas quatro regionais.

Figura 3 – Média das principais causas de incêndios florestais entre as quatro regionais analisadas na área de estudo durante o período de 2008 a 2017.



Fonte: O autor.

Fumantes (0,16%) e operações florestais (0,07%) completaram as causas. Não houve registro em decorrência de fogos de recreação, raios e estradas de ferro, devendo-se ao fato da dificuldade em identificar essas situações.

Incêndios causados por incendiários apresentam elevado nível de dificuldade em se estabelecer estratégias de prevenção e combate, pois além de ser muito aleatório, o incêndio dificilmente apresenta algum fator correlacionável mensurável. Ou seja,

diferentemente de causas naturais onde os elementos meteorológicos norteiam as probabilidades de ocorrência de incêndios, situações onde o fogo inicia-se de maneira criminosa, basta o material combustível não apresentar altos teores de umidade para sua origem e propagação.

Ganteaume e Jappiot (2013) destacaram que incêndios causados de maneira intencional, na maioria das vezes, acarretam em grandes incêndios por não estarem correlacionados com as condições naturais do ambiente.

Os valores encontrados na pesquisa de Tetto et al (2015) corroboram com as encontradas no presente estudo, uma vez que seguiu a mesma lógica de causas, sendo mais expressivo os incendiários com 54,2% seguido por 16,2% de origens de incêndios por queimas para limpeza de área.

As causas de ocorrências de incêndios são decorrentes, muitas vezes, em função da característica e localidade das regiões. De acordo com Barlow et al. (2012), os incêndios de regiões tropicais em sua maioria são ocasionados por ter origem em atividades agrícolas por meio da prática de limpeza de áreas. Já no estudo de Torres et al (2016), em áreas de Unidades de Conservação do Brasil, as causas diversas são as de maior significância, seguido por áreas de limpeza e incendiários.

Além das causas que originam os incêndios, o bom registro de ocorrência de incêndios florestais deve conter o volume das áreas queimadas para justificar e subsidiar os valores a serem gastos com estratégias de prevenção e combate (IRLAND, 2013).

A média anual de ocorrências de incêndios florestais desse estudo foi de 3.307 em aproximadamente 220 mil ha de área plantada, ou seja, na série histórica analisada ocorreram 9,06 incêndios por dia e uma área média queimada de 2,39 ha por ocorrência (Figura 4).

No estudo realizado, é possível observar que não existe correlação nas quatro regionais entre a quantidade de ocorrências no ano versus o tamanho médio de área queimada. Pela análise de regressão, as regionais Aracruz, São Mateus, Posto da Mata e Teixeira de Freitas apresentaram respectivamente os valores de  $R^2$  0,14; 0,03; 0,18 e 0,00.

Figura 4 - Quantidade de ocorrências de incêndios x área média queimada durante o período de 2008 a 2017.



Fonte: O autor.

A quantidade média de 9,06 ocorrências diárias de incêndios encontrada nessa pesquisa é bem superior às 0,14 ocorrências diárias encontrados por Tetto et al. (2015) em sua análise histórica de incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná entre os anos de 1965 a 2009.

Entre os anos analisados pode-se perceber que houve picos de ocorrências de maneira aleatória nas quatro regionais, dificultando dessa forma, o estabelecimento de estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais.

Com as correlações de Pearson encontradas nas regionais Aracruz, São Mateus, Posto da Mata e Teixeira de Freitas, respectivamente com valores de 0,38; 0,17; -0,43; 0,02 entre a quantidade de ocorrências e a área atingida, fica evidente que independentemente da quantidade de ocorrências, as equipes de combate da região de estudo estão capacitadas para combater os incêndios dentro de um padrão de área queimada, uma vez que, mesmo em condições adversas com muitas ocorrências, a área média queimada da área de estudo esteve abaixo das médias encontradas em literatura.

Apesar do grande número de ocorrências de incêndios, a média de área queimada neste estudo foi de 2,39 ha, volume bem abaixo dos 8,4 ha analisados por Tetto et. al (2015) em plantios florestais no Sul do Brasil e dos 613,61 ha do estudo de Torres et. al (2016) analisando a série histórica de Unidades de Conservação do Brasil de 2008 à 2012.

Corroborando com essa interdependência entre área média queimada e quantidade de ocorrências, Lima et al. (2018) em seu estudo de eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras abordou que a falta de correlação entre esses parâmetros se dá devido as diversas características do território nacional brasileiro.

A maior dificuldade nessa disparidade entre os anos está diretamente ligada às causas dos incêndios florestais, pois por serem majoritariamente ações criminosas, a previsão de quando e onde ocorrer é dependente muito das ações dos incendiários.

Durante a série histórica analisada, apesar de obter a menor média de ocorrências, a regional Teixeira de Freitas apresentou a maior média de área queimada, apresentando ao total de 557 ocorrências com 2,93 ha por ocorrência, o que resultou em uma área queimada de 16.320,10 ha ao longo dos 10 anos.

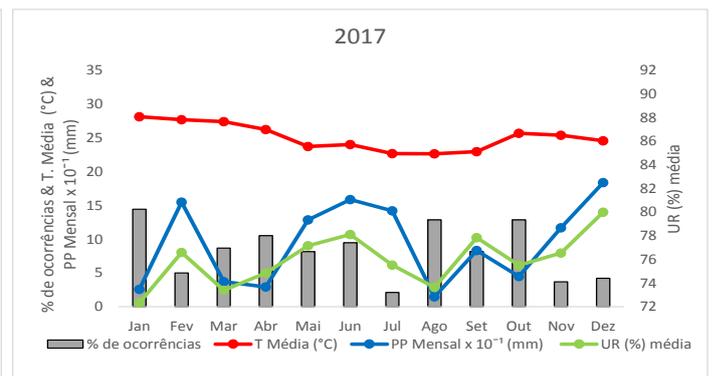
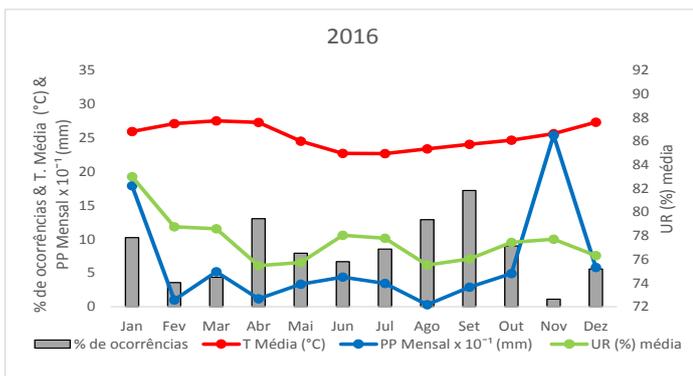
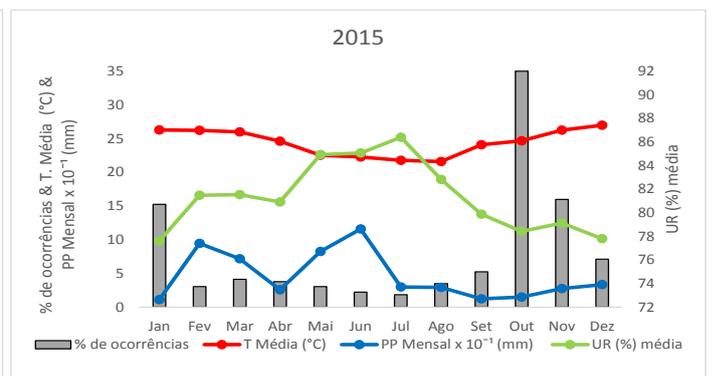
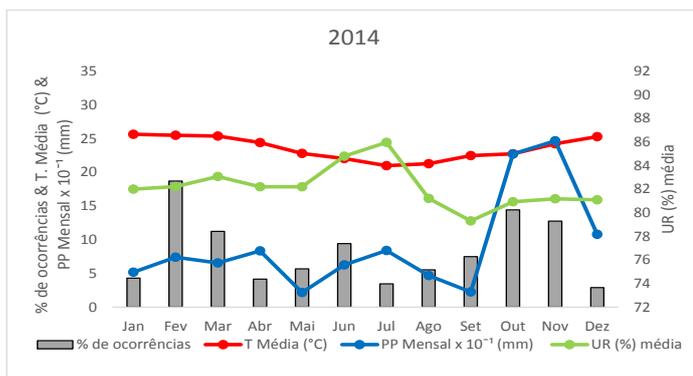
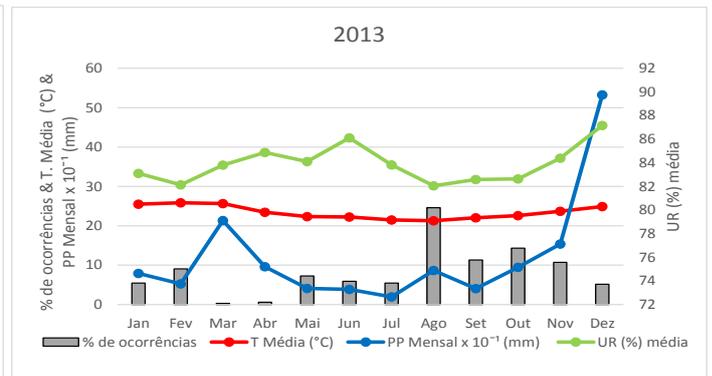
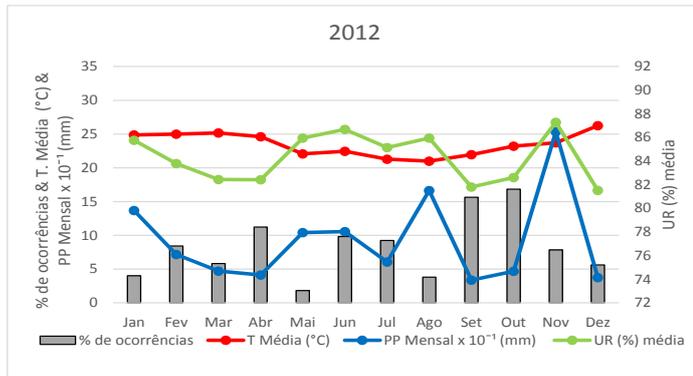
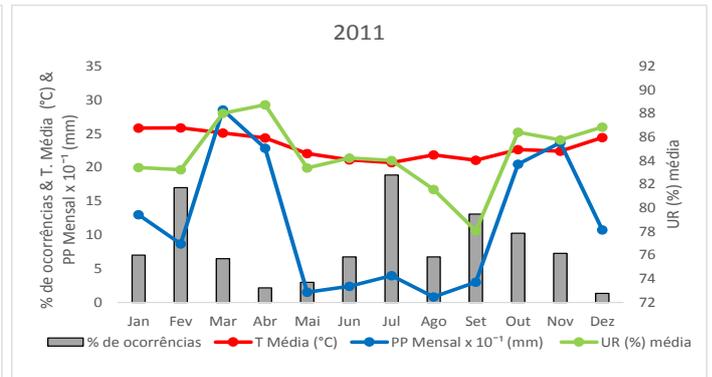
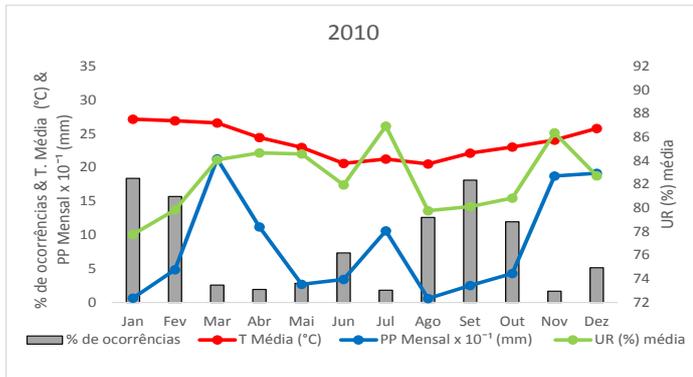
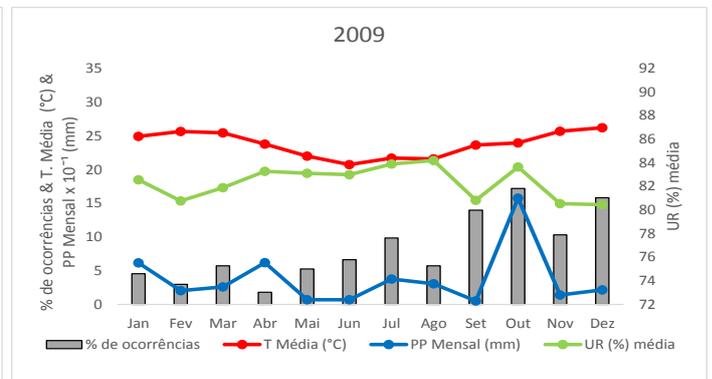
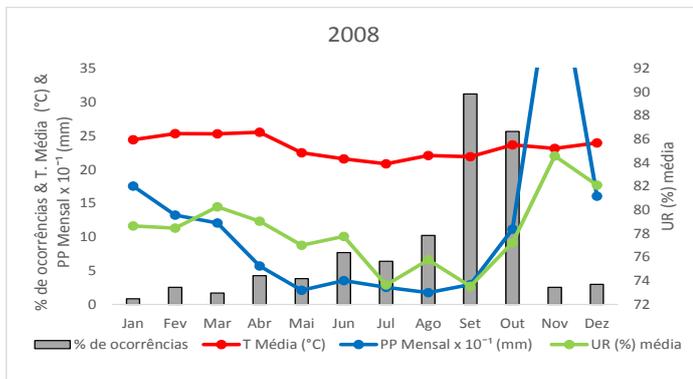
A regional São Mateus obteve em média 1.323,2 ocorrências anuais com 2,31 ha de área queimada, totalizando 30.605,60 ha queimados durante os 10 anos. A quantidade de ocorrências nessa região pode ter sido influenciada em virtude dos conflitos entre as comunidades quilombolas circunvizinhas e a empresa.

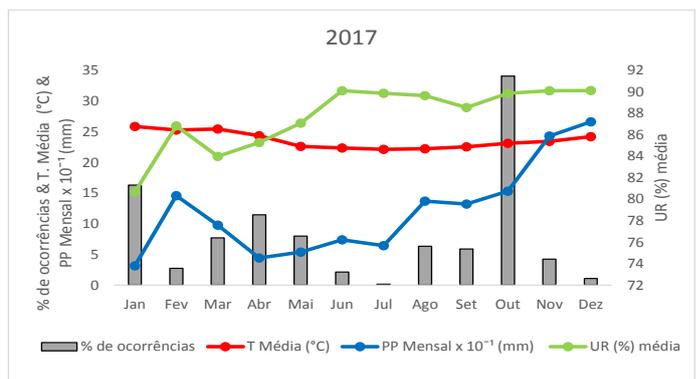
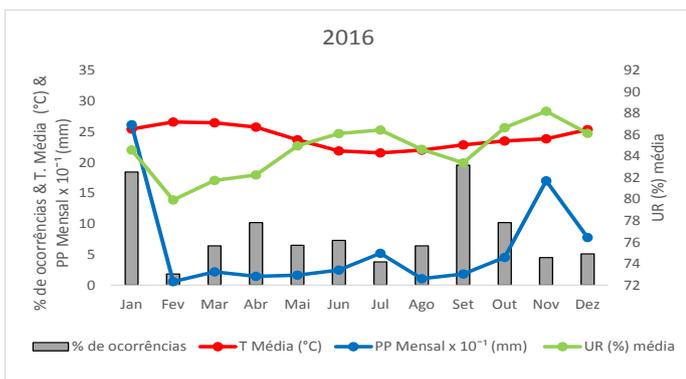
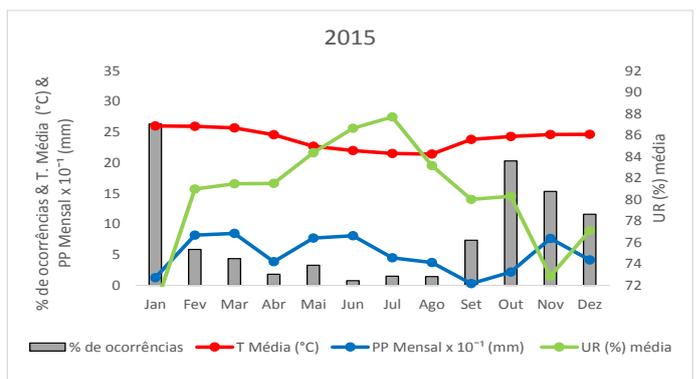
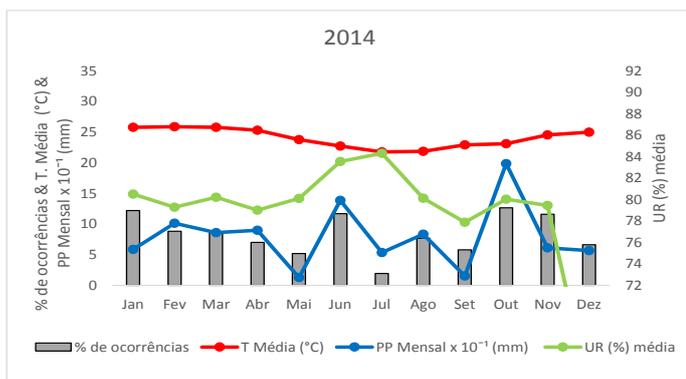
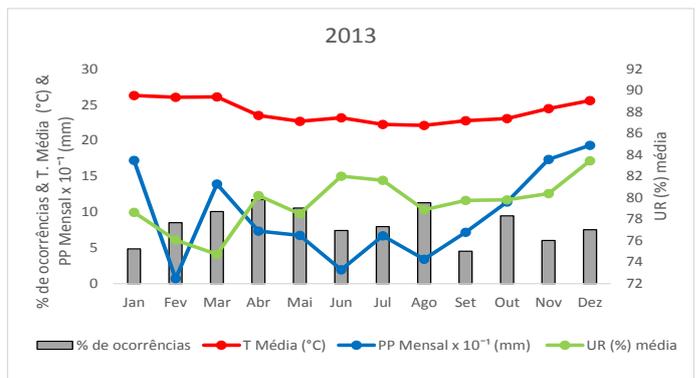
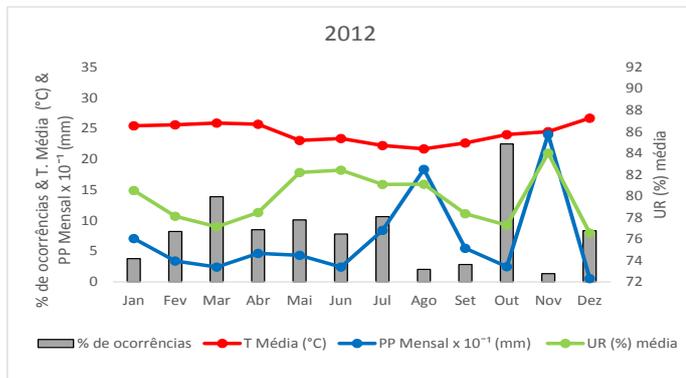
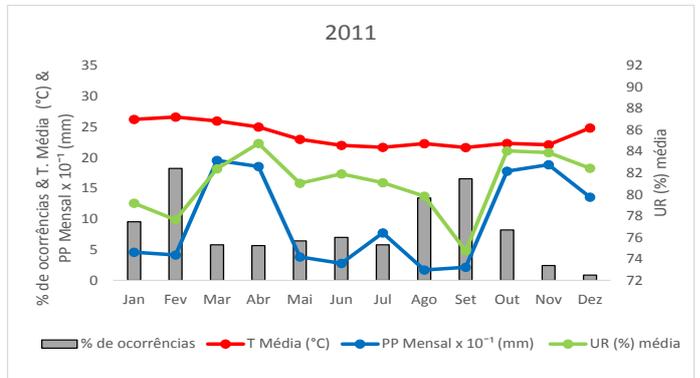
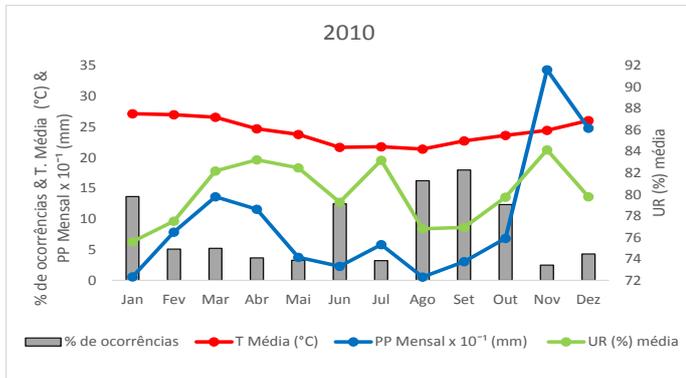
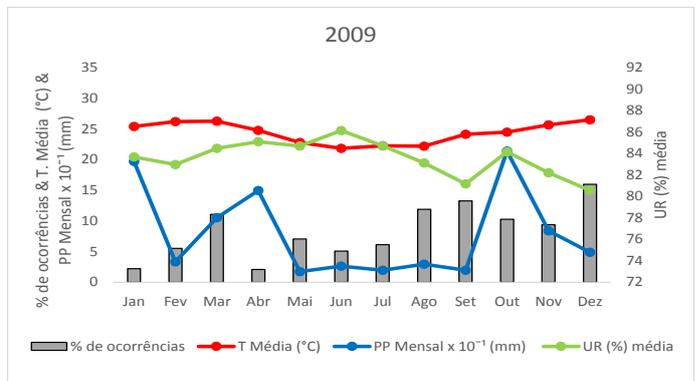
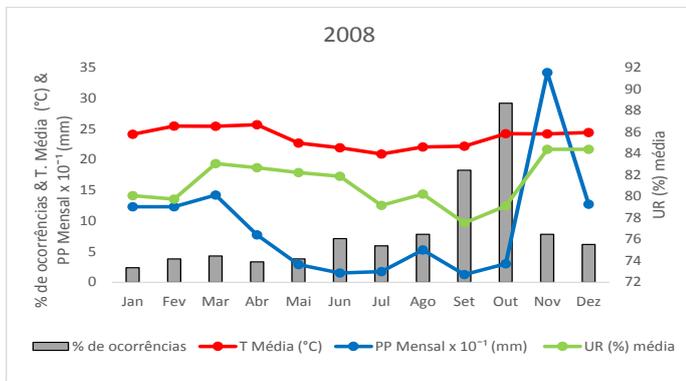
Na Figura 5 e Tabela 2 é possível observar o registro do número de ocorrências de incêndios e sua correlação ao longo dos meses com os elementos meteorológicos que mais interferem na ignição do fogo ao longo da série histórica de 10 anos.

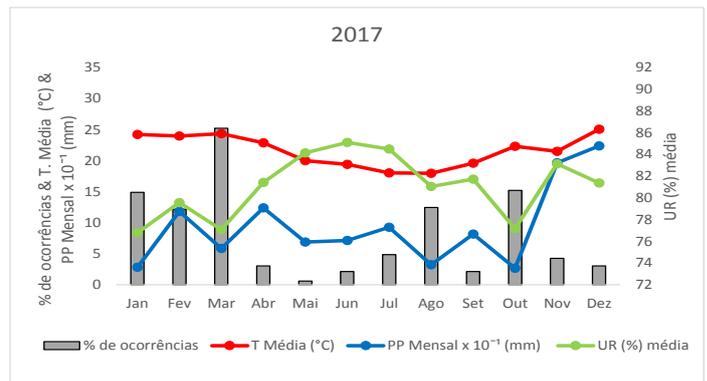
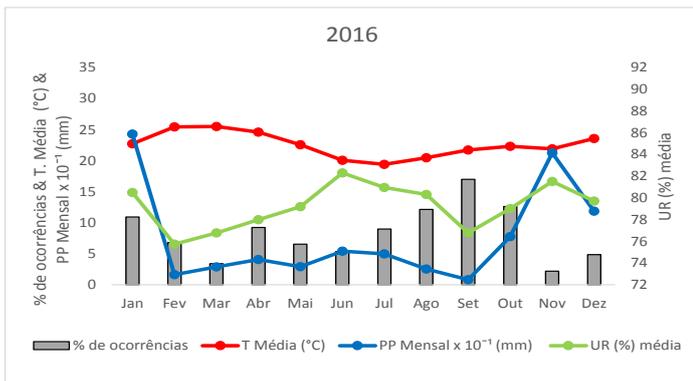
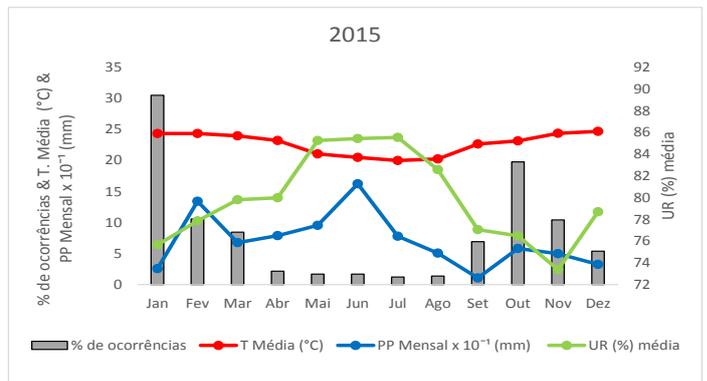
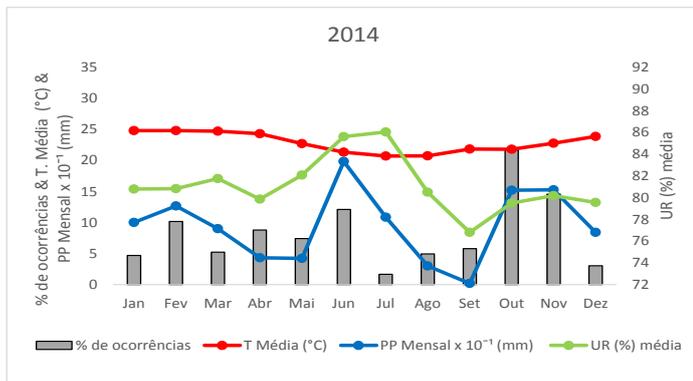
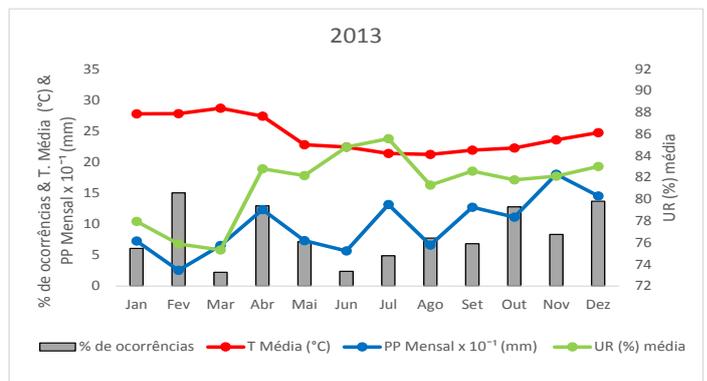
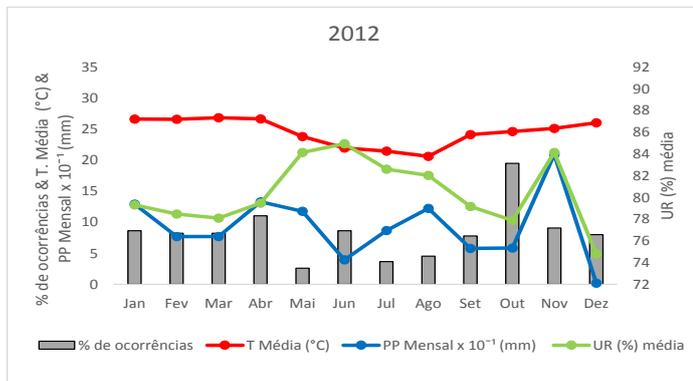
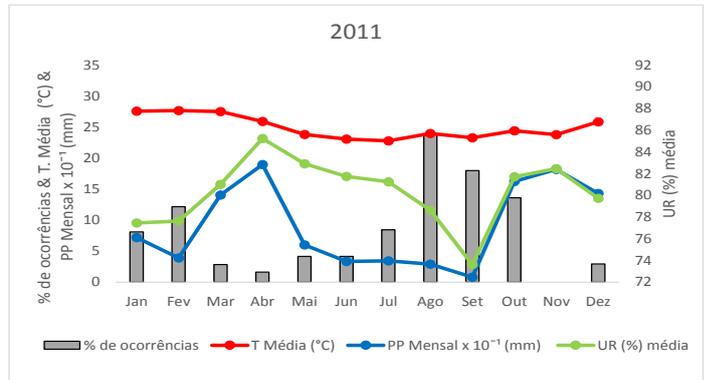
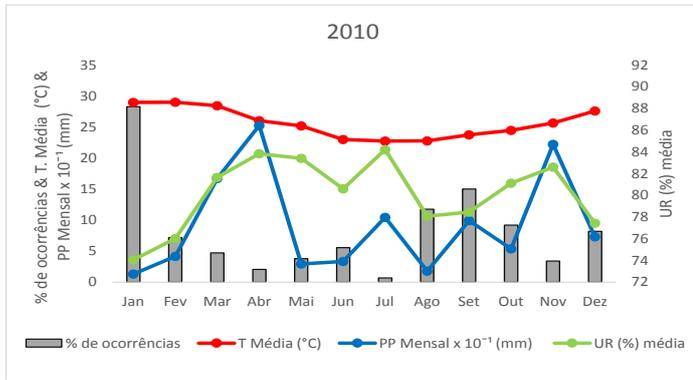
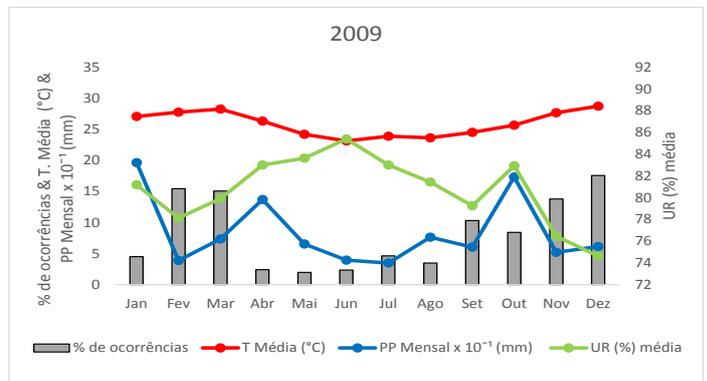
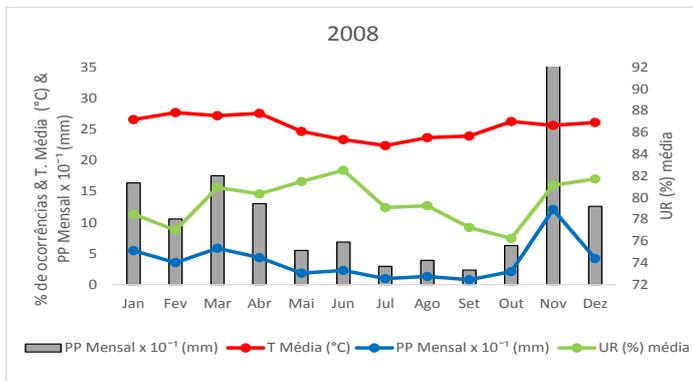
Em todas regionais, nos anos de 2015 e 2016 apresentaram os menores valores de precipitação, entretanto, na Figura 4 é possível observar que apenas São Mateus apresentou aumento considerável de ocorrências e média de área queimada, o que reforça a hipótese da falta de interação da precipitação com a quantidade de ocorrências e área queimada média na região do estudo. Outro ponto de destaque é que logo após o ano de 2015 apresentar baixa quantidade de precipitação, 2016 seguiu a mesma tendência de baixa precipitação, entretanto, em todas regionais o número de ocorrências diminuiu, assim como a média de área por ocorrência.

Possivelmente a queda brusca dos valores de precipitação em 2015 e 2016 foi por consequência do El Niño de nível forte que ocorreu na região de estudo (SANTOS, 2018). Apesar dos efeitos sobre o clima da região ocasionados pelo efeito El Niño, na Tabela 2 é possível observar pela correlação de Pearson que não se evidenciou efeito do fenômeno sobre a correlação dos fatores analisados. Esse fato reforça a imparcialidade dos incêndios ocasionados de maneira intencional e criminosa. Dessa forma, fica claro que os fatores climáticos não são limitantes para ocorrência de incêndios florestais e sim intensificadores.

Figura 5 - Influência dos elementos meteorológicos sob a quantidade de ocorrências de incêndios durante o período de 2008 a 2017, onde: (A) Aracruz; (B) São Mateus; (C) Posto da Mata e (D) Teixeira de Freitas.







C

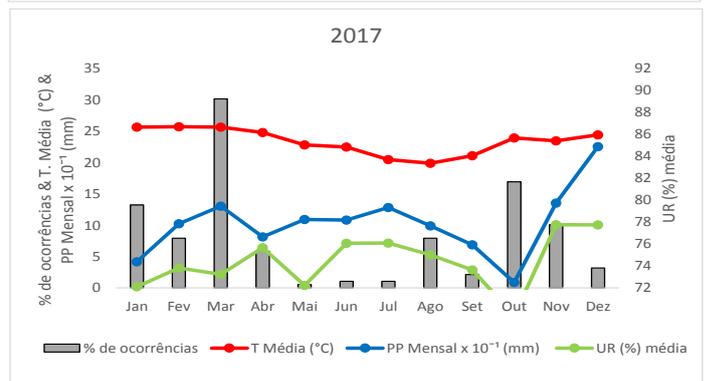
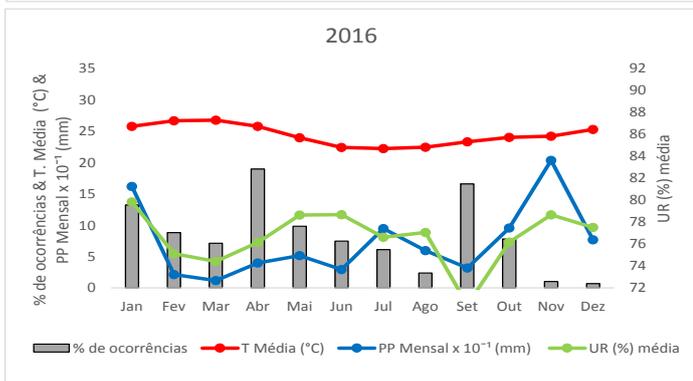
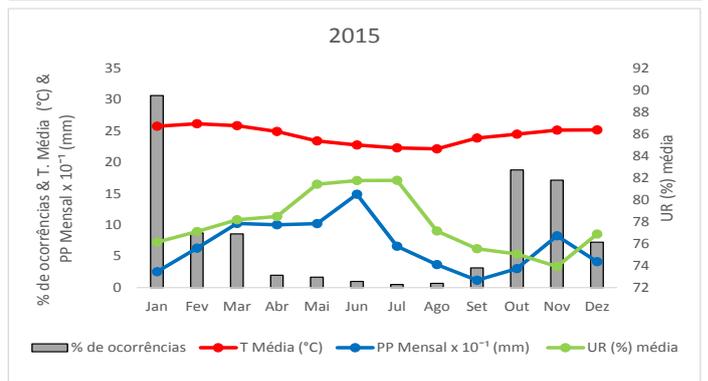
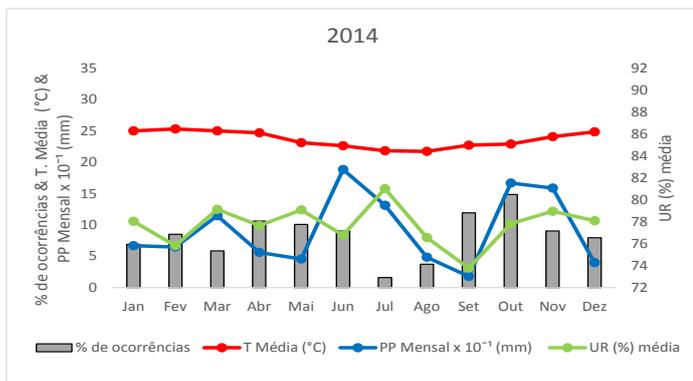
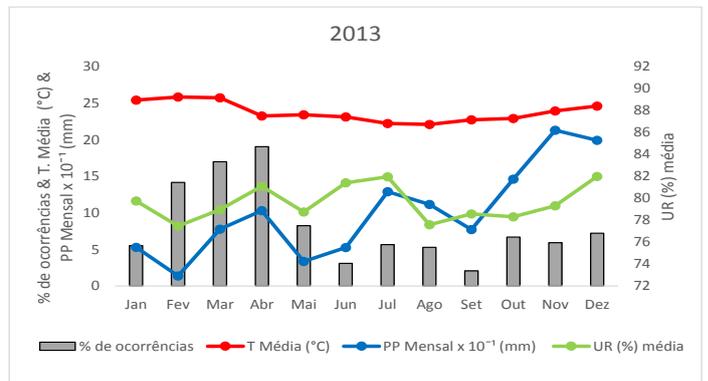
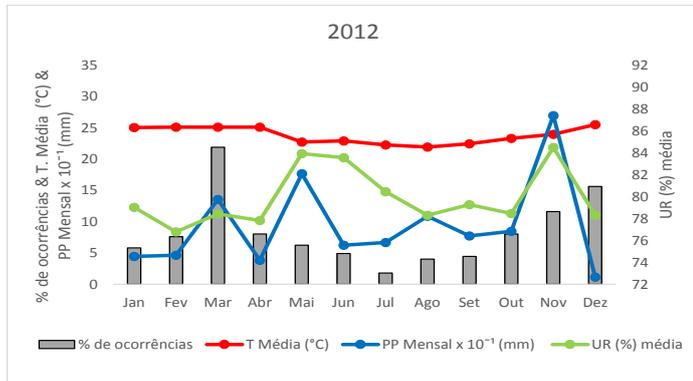
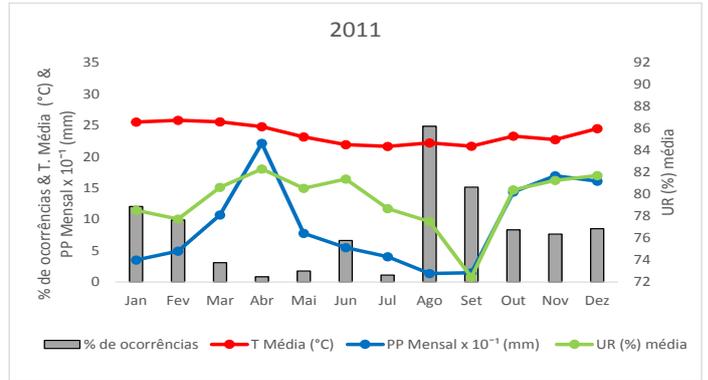
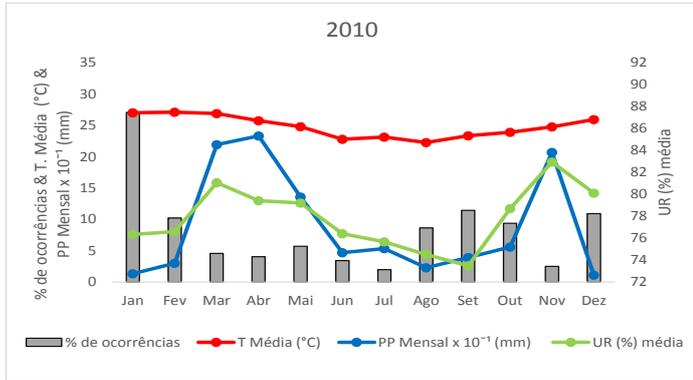
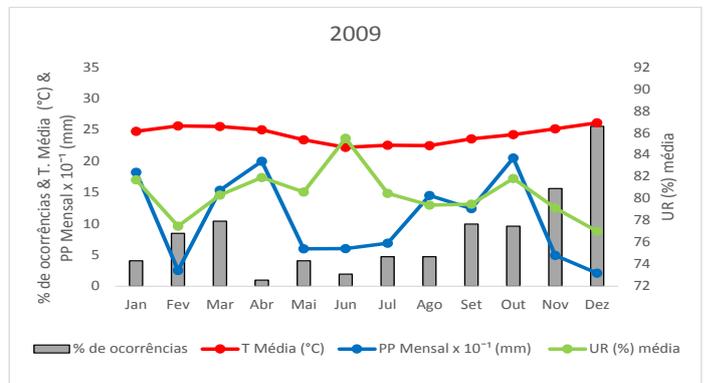
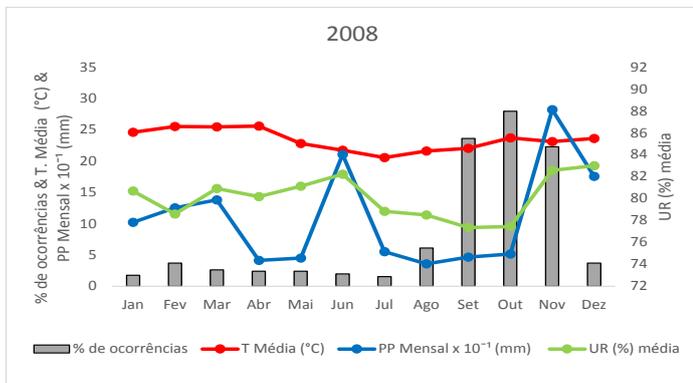


Tabela 2 - Resultados do coeficiente de correlação de Pearson entre as correlações dos elementos meteorológicos analisados com o percentual de ocorrências de cada ano analisado na série histórica de 2008 a 2017 das quatro regionais.

Coeficiente de Correlação Pearson		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média
Aracruz	T Média (°C) x % de ocor.	-0,37	0,17	-0,21	-0,21	-0,13	-0,50	0,23	0,33	-0,34	0,23	-0,08
	UR (%) média x % de ocor.	-0,56	-0,23	-0,45	-0,45	-0,45	-0,55	-0,13	-0,61	-0,29	-0,57	-0,43
	PP Mensal (mm) x % de ocor.	-0,30	0,32	-0,25	-0,25	-0,42	-0,21	0,43	-0,47	-0,43	-0,78	-0,24
São Mateus	T Média (°C) x % de ocor.	-0,14	0,18	0,08	0,08	0,17	-0,27	0,32	0,57	-0,03	0,14	0,11
	UR (%) média x % de ocor.	-0,48	-0,70	-0,81	-0,81	-0,49	-0,26	0,10	-0,84	-0,05	-0,21	-0,45
	PP Mensal (mm) x % de ocor.	-0,27	-0,29	-0,63	-0,63	-0,59	-0,36	0,62	-0,45	0,35	-0,14	-0,24
Posto da Mata	T Média (°C) x % de ocor.	0,00	0,79	-0,19	-0,19	0,38	0,19	-0,10	0,58	-0,29	0,42	0,16
	UR (%) média x % de ocor.	-0,58	-0,88	-0,65	-0,65	-0,42	-0,08	-0,16	-0,69	-0,23	-0,84	-0,52
	PP Mensal (mm) x % de ocor.	-0,08	-0,27	-0,59	-0,59	-0,14	0,16	0,56	-0,37	-0,25	-0,48	-0,21
Teixeira de Freitas	T Média (°C) x % de ocor.	-0,13	0,61	-0,20	-0,20	0,67	0,48	0,16	0,61	0,22	0,53	0,28
	UR (%) média x % de ocor.	-0,38	-0,68	-0,58	-0,58	-0,16	-0,06	-0,44	-0,62	-0,39	-0,41	-0,43
	PP Mensal (mm) x % de ocor.	0,06	-0,42	-0,51	-0,51	0,19	-0,19	0,04	-0,39	-0,32	-0,21	-0,23

Onde: T: Temperatura; UR: Umidade Relativa; PP: Precipitação; Ocor.: Ocorrências.

Fonte: O autor (2018).

Em média, a correlação de Pearson aplicada entre os meses do ano e os elementos meteorológicos apresentou correlação negativa moderada de -0,52 para a umidade relativa em Posto da Mata e baixa correlação negativa para as demais regionais. Além disso, as médias de correlação de todas as quatro regionais apresentaram correlação desprezível para temperatura e precipitação.

A UR é o elemento meteorológico que mais influencia na possibilidade de ocorrer incêndios na área do estudo. Em São Mateus/ES, os anos de 2009, 2010, 2011 e 2015 e em Posto da Mata/BA nos anos de 2009 e 2017 houve uma alta correlação negativa entre os parâmetros analisados, ou seja, quanto maior a UR, menores os percentuais de ocorrências de incêndios.

Os resultados encontrados nesta pesquisa são explicados pelo principal agente causal e características de sub-bosque das áreas de floresta deste estudo. As florestas plantadas apresentam sub-bosques, em sua maioria, homogêneos, o material combustível se torna um fator facilitador para ignição e propagação do fogo, seja por apenas serrapilheira (Figura 6) ou por plantas competidoras de sub-bosque (Figura 7).

Figura 6 - Incêndio em sub-bosque de serapilheira da área do estudo.



Fonte: O autor.

Nas áreas do estudo que contém serrapilheira depositada, o material combustível é composto por galhos finos da desrama natural e folhas secas. Já em plantios onde o dossel não fecha completamente, a luminosidade possibilita a regeneração de plantas competidoras, e essas, são controladas por práticas silviculturais de desseca química. Nesse caso, o material combustível fica seco e em ótimas condições para ignição e propagação do fogo.

Figura 7 - Incêndio em sub-bosque de plantas competidoras dessecadas por controle químico da área de estudo.



Fonte: O autor.

Em alguns casos, eventos de precipitação não impedem a ocorrência de incêndios, uma vez que, o material dessecado apresenta baixa umidade, e a utilização de mistura de gasolina e óleo (coquetéis molotov) pelos incendiários propicia ignição. Consequentemente proporciona aquecimento do material combustível em cadeia, possibilitando a propagação do fogo.

A correlação entre os elementos meteorológicos analisados e a quantidade de ocorrências pode ser explicada pelo fator causa, representando 91,40% das ocorrências por incêndios criminosos. Divergindo do encontrado nesse estudo, Seger et al. (2012) identificaram correlação entre a quantidade de incêndios e a precipitação média mensal, onde, quanto maiores os volumes de precipitação, menores foram as quantidades de incêndios na região de vinte e dois municípios da região leste do estado do Paraná.

Na média das quatro regionais, os meses de janeiro, setembro e outubro foram os únicos a concentrarem mais do que 10% das ocorrências entre os meses do ano, respectivamente 12,14; 11,33 e 14,76% das ocorrências, totalizando 38,24%. Além disso, os três meses supracitados foram os únicos a apresentarem diferença significativa entre as regionais, sendo que o destaque foi janeiro, onde a regional São Mateus foi estatisticamente diferente das demais com maior número de ocorrências (Tabela 3).

TABELA 3 - Média e percentual de ao longo dos meses do ano dentro de cada uma das quatro regionais analisadas na série histórica de 2008 a 2017.

Mês	Aracruz	%	São Mateus	%	Posto da Mata	%	Teixeira de Freitas	%
Jan	66,7 A ab	9,37	169,7 B bc	12,82	91,3 A a	12,83	75,4 A a	13,54
Fev	64,7 A ab	9,09	96,8 A ab	7,32	77,6 A a	10,90	52,6 A a	9,44
Mar	32,8 A ab	4,61	97,7 A ab	7,38	55,8 A a	7,84	48,6 A a	8,73
Abr	31,8 A a	4,47	78,9 A ab	5,96	31,4 A a	4,41	35,0 A a	6,28
Mai	34,5 A ab	4,85	80,5 A ab	6,08	25,5 A a	3,58	26,6 A a	4,78
Jun	45,8 A ab	6,44	88,5 A ab	6,69	28,9 A a	4,06	22,4 A a	4,02
Jul	44,3 A ab	6,23	57,9 A a	4,38	28,2 A a	3,96	14,4 A a	2,59
Ago	76,1 A ab	10,70	115,1 A abc	8,70	63,9 A a	8,98	49,6 A a	8,90
Set	86,7 AB ab	12,19	143,1 B abc	10,81	84,5 AB a	11,87	58,4 A a	10,48
Out	126,2 AB b	17,74	197,9 B c	14,96	103,1 A a	14,48	66,1 A a	11,87
Nov	62,8 A ab	8,83	99 A ab	7,48	56,5 A a	7,94	53,6 A a	9,62
Dez	39,1 A ab	5,50	98,1 A ab	7,41	65,1 A a	9,15	54,3 A a	9,75

\* Médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula entre colunas e minúscula entre linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De maneira geral, existe uma distribuição uniforme entre a quantidade média de ocorrências ao longo da série histórica analisada nas regionais da BA, de modo que, Posto

da Mata e Teixeira de Freitas apresentaram distribuição estatisticamente igual durante os meses do ano.

Na regional Aracruz apenas os meses de abril e outubro foram diferentes estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Já na regional São Mateus, o mesmo teste estatístico apontou disparidade entre os meses do ano, com maior concentração de ocorrências nos meses de janeiro, agosto, setembro e outubro.

Quando comparado a análise deste estudo com Unidades de Conservação do Brasil, o destaque é a disparidade da distribuição das ocorrências ao longo dos meses do ano. Enquanto as análises desta pesquisa diagnosticaram ocorrências distribuídas ao longo do ano, o estudo de Torres et al. (2016), em Unidades de Conservação do Brasil, concentrou 79,50% das ocorrências nos meses de agosto e setembro.

Seeger et al (2012) obtiveram resultados distintos quanto aos meses com maiores registros de ocorrência de incêndios florestais no seu estudo em vegetações nativas na região leste do estado do Paraná. Os autores relataram que as ocorrências de incêndios se concentraram entre os meses de junho a agosto, equivalendo a 55% dos registros.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resultados permitiram concluir que:

- a maior causa dos 33.075 registros de incêndios foi incendiários, seguido por queimas para limpeza;
- a umidade relativa do ar é o único elemento meteorológico que apresenta correlação com a quantidade de ocorrências na área de estudo;
- as ocorrências são bem distribuídas ao longo dos meses do ano nas quatro regionais;
- ocorrências de incêndios causadas por incendiários, majoritariamente independem das condições do clima. A estratégia de combate aos incêndios deve contemplar distribuição de recursos ao longo dos meses do ano a fim de minimizar os impactos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARLOW, J. et al. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 154, n. 2012, p. 1-8, 2012.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária do centro nacional de pesquisa de solos (EMBRAPA). **Levantamentos generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose SA no Estado do Espírito Santo e no extremo sul do Estado da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto**. 2000, 111p.

FIBRIA. **Relatório 2017: Uma floresta de oportunidades**. 2017, 84p. Acesso em 30/08/2019. Disponível em: <http://r2017.fibria.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Rel-Fibria-2017.pdf>.

GANTEAUME, A.; JAPPIOT, M. What causes large fires in Southern France. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 294, p. 76-85, 2013.

Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). **Relatório Ibá 2017: ano base 2016**. São Paulo, SP, 2017. 80 p.

Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural (INCAPER). **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011 – 2013**. Aracruz, 2011. 15 p.

Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural (INCAPER). **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011 – 2013**. São Mateus, 2011. 26 p.

IRLAND LC. Extreme value analysis of Forest fires from New York to Nova Scotia, 1950-2010. **Forest Ecology and Management**. [s.l.], v. 294, p. 150-157, 2013.

HEIKKILA, T. V.; GRONQVIST, R.; JURVELIUS, M. **Wildl and fire management: handbook for trainers**. Roma: FAO, 2010.248 p.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. Boston, 2003, v.5. 756 p.

LIMA, G. S. et al. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 113-122, jan./mar.2018

NUNES, A. et al. Vulnerabilidade a incêndios na Europa Mediterrânea. Abordagem conceptual e a utilização de dados de satélite. In: **Atas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica** – Sessão 5, Artigo 18. Coimbra, Portugal, 2015.

OLAWOYIN, R. Nanotechnology: The future of fires safety. **Safety Science**. [s.l.], v. 110, p. 214-221, 2018.

RODRÍGUEZ, M. P. R. et al. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte Alegre, Brasil, e de Pinar Del Rio, Cuba. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2013.

SEGER, C. D. Análise dos incêndios florestais em vegetação nativa de vinte e dois municípios da região leste do estado do Paraná – Brasil. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 13, n.43, p. 30-40, out. 2012.

SANTOS, T. P. Análise da precipitação mensal do município de Vitória da Conquista - BA entre os anos de 1982 a 2016 em episódios dos fenômenos El Niño e La Niña. **Revista Georaguaia**. v. 8, n. 3, p.17-38, 2018.

SIBANDA, C. **Modelling forest fire behaviour and carbon emission in the Ludikhola Watershed, Gorkha District, Nepal**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Geo-informação e observação da Terra) – University of Twente, Enschede. Netherlands, 2011.

SOARES, R. V. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1984 a 1987. **Floresta**. v. 18, n. 1/2, 1988.

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 1. ed. Curitiba, v. 1. 264 p. 2007.

TETTO, A. F. et al. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **Cerne**, Curitiba, PR, v. 21 n. 3, p. 345-351, 2015.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**. v. 7, n. 18, p.162-171, jun. 2006.

TORRES, F. T. P. et al. Perfil dos incêndios florestais em Unidades de Conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 531-542, 2016.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS PLANTADAS

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa foi analisar a eficácia de combate aos incêndios em florestas de produção e propor uma metodologia que considere as peculiaridades dos incêndios em florestas de produção por meio de uma nova classificação para área queimada média e tempos de mobilização e deslocamento. A pesquisa teve como subsídio o banco de dados da série histórica de 10 anos dos registros de ocorrência de incêndios (ROI's) de uma empresa produtora de eucalipto para celulose (2008 a 2017). A eficiência do combate foi determinada pelos parâmetros: distribuição horária das ocorrências, distância média percorrida pelas equipes de combate, tempos de mobilização, deslocamento e combate e tamanho de área queimada. No período analisado foram combatidos 33.075 focos de incêndios. A maior concentração de incêndios foi das 13h as 16h59'59'' com ao menos 51,31 % das ocorrências. Os tempos de mobilização e deslocamento foram satisfatórios, respectivamente com médias de ao menos 75,15 e 60% concentrando-se até a classe II, representadas respectivamente pelos limites máximos de 5 e 50 minutos. Os tempos médios de deslocamento e combate apresentaram forte correlação positiva com o tamanho médio de área queimada. Esse fato demonstra a importância e necessidade de uma estratégia de combate aos incêndios ágil e eficiente. Apesar de uma média de 9,06 focos diários de incêndios em 220 mil ha de florestas plantadas, a média de área queimada ao longo dos anos foi de 2,39 ha. As classes de mobilização, deslocamento e áreas médias queimadas propostas por este estudo possibilitam aos gestores de combate aos incêndios florestais em florestas de produção analisar como a estrutura e o modelo de combate aos incêndios têm se comportado, de maneira que, quanto maior a concentração de ocorrências nas maiores classes, maiores serão as possibilidades de ajustes no sistema de combate.

Palavras-chave: proteção florestal, prevenção e combate; área queimada.

## 1 INTRODUÇÃO

Incêndio florestal é um dos piores acontecimentos que as florestas estão susceptíveis. De acordo com Adámek et al. (2015) eles proporcionam perdas tanto bióticas como abióticas, independentemente do tipo de formação florestal ou ecossistema (ZAITSEV et al., 2016).

Os impactos ocasionados pelas ocorrências de incêndios podem abranger aspectos sociais como dispersão de fumaça e conseqüentemente doenças respiratórias, ambiental por todo impacto causado à biodiversidade e econômico (HERAWATI e SANTOSO 2011).

Em florestas de produção o prejuízo econômico se destaca, quando comparado com florestas nativas, por ser matéria prima para as linhas de produção. Esse fato faz com que as empresas do setor busquem alternativas para mitigar as ocorrências dos incêndios.

Apesar de sistemas e modelos de prevenção de incêndios florestais, a possibilidade de sua ocorrência é muito imprevisível e dependente de fatores aleatórios que na maioria das vezes não podem ser controlados, tais como os elementos meteorológicos e ação antrópica. Barlow et al. (2012), corrobora alertando o quão imprevisível é a possibilidade de ocorrer incêndios, uma vez que, os fatores ambientais e antrópicos, responsáveis pela ignição do fogo, são ocasionais e instáveis.

Os estudos com base nos registros de ocorrências de incêndios florestais (ROI's) são fundamentais para direcionar o uso de recursos em estratégias de prevenção e combate (IRLAND, 2013). Para Torres et al. (2017), uma das principais características dos ROI's é a solidez da informação, uma vez que, qualquer informação errônea pode pôr em risco toda uma estratégia de prevenção e combate

Os recursos destinados aos planos e estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais se justificam quando eles são suficientes em casos onde os incêndios venham ocorrer, entretanto, que não comprometam com gastos acima dos danos e prejuízos que os mesmos possam proporcionar caso ocorra (NUNES et al., 2015; RODRÍGUEZ et al., 2013; TETTO et al., 2015).

Bonazountas et al. (2007) relataram que a eficácia dos sistemas de combate está na capacidade de redução do tempo de eliminação do incêndio florestal, e que esse resultado só é concebido com agilidade em todas as etapas de combate aos incêndios florestais, desde a detecção precoce à extinção do fogo.

O diagnóstico das etapas do combate é fundamental para verificar possíveis oportunidades em melhorias, e o histórico dos incêndios através de um registro completo e sólido é essencial para esse tipo de análise. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi propor uma metodologia de análise de incêndios para florestas plantadas através dos ROIs de uma empresa florestal com o intuito de subsidiar estratégias e tomadas de decisão futuras.

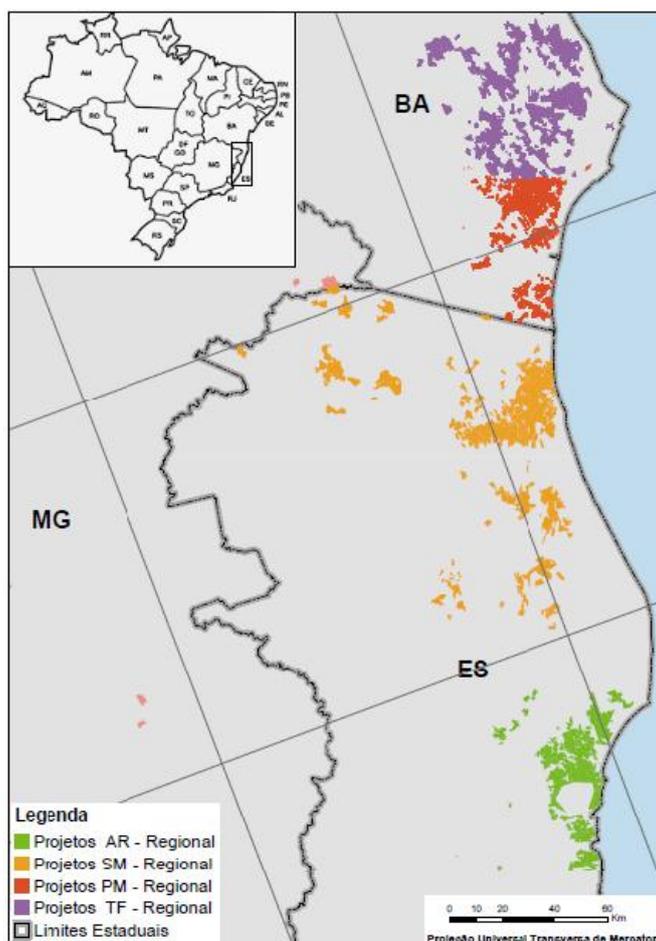
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado nas áreas de uma empresa produtora de eucalipto para celulose, com áreas de cultivo distribuídas em 4 regionais, nas localidades de Aracruz e São Mateus no Espírito Santo e em Nova Viçosa (Posto da Mata) e Teixeira de Freitas na Bahia.

As áreas das regionais estão entre as coordenadas: latitudes de 17° 15' 08"S e 20° 07' 02"S; e longitudes 39° 13' 23"W e 40° 06' 53"W, que correspondem à áreas com até 100 km de distância do litoral (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: O autor.

Regional Aracruz (ES) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Aw, quente e úmido, com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 26° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.200 a 1.400 mm (INCAPER, 2011).

Regional São Mateus (ES) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Am, tropical úmido sem estação seca pronunciada, caracterizado pela concentração de menos de 65% da precipitação total na primavera e verão (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 25° C e 30° C e precipitação média de 1.313 mm, concentrando as chuvas nos meses de outubro a abril (INCAPER, 2011).

Regional Posto da Mata (BA) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Am, tropical chuvoso de monção, com inverno seco, entretanto com ao menos 60 mm de precipitação. É uma

transição entre o Af e o Aw, caracterizado pelo mês mais frio apresentar médias acima de 18° C (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 22° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.000 a 1.300 mm (ALVARES et al., 2013).

Regional Teixeira de Freitas (BA) - De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante da região é do tipo Af, quente com ao menos 60 mm de precipitação nos meses mais frios (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 23° C e 29 ° C e precipitação média entre 1.300 a 1.600 mm (ALVARES et al., 2013).

No aspecto social, cada regional tem suas peculiaridades quanto às questões que envolvem à responsabilidade social da empresa. As regionais localizadas no Estado do Espírito Santo, como a de Aracruz, caracteriza-se por apresentar áreas ao entorno de comunidades indígenas, que apresentam frequentes desafios à empresa deste estudo. Já a regional de São Mateus, possui em suas áreas circunvizinhas, a presença expressiva de comunidades quilombolas que dependem do uso da terra para o próprio sustento.

As regionais localizadas no Estado da Bahia, também possuem problemas sociais com os assentamentos do Movimento dos Trabalhadores Sem Terra – MST em torno das florestas de produção. Contudo, observou-se que em todas as regionais de ambos os estados existem projetos de responsabilidade social da empresa visando a com aproximação e bom relacionamento com essas comunidades (FIBRIA, 2017).

## **2.2 Obtenção e análise dos dados**

A pesquisa foi realizada com o banco de registro de ocorrência de incêndios florestais da empresa. O banco de dados contém registros históricos desde 2008, sendo composto pelas seguintes informações: número de ocorrências, coordenadas geográficas, data da ocorrência e área total queimada de cada foco, horário de detecção e tempos de mobilização, deslocamento e combate.

Esses dados são registrados por um observador de uma central de vídeo monitoramento das áreas. O observador é o responsável pela detecção dos focos de incêndios e, através de um sistema de comunicação via rádio, realiza interface com as equipes de campo, podendo dessa maneira, registrar todas etapas do incêndio (Figura 2).

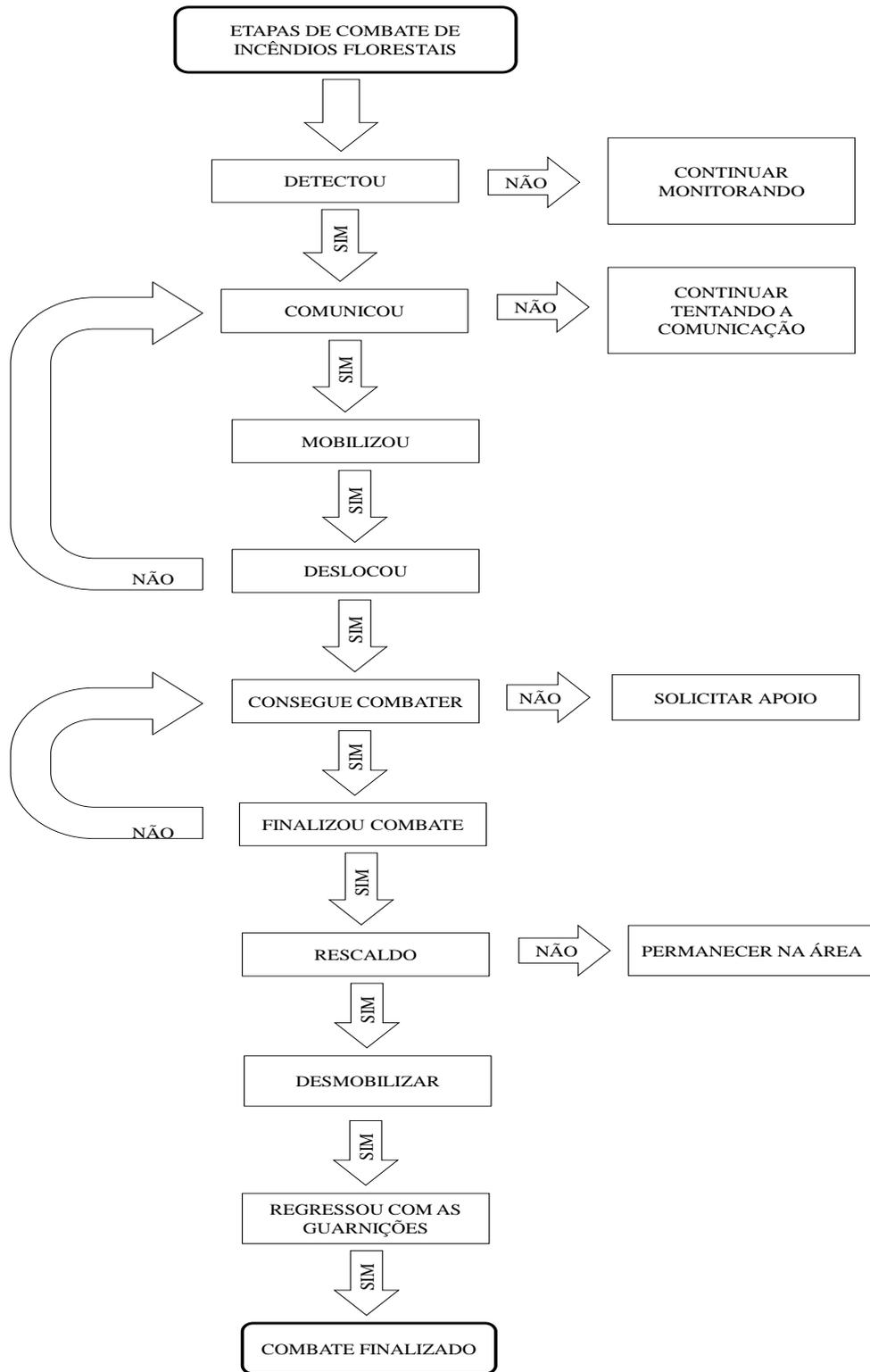
Figura 2 - Central de vídeo monitoramento.



Fonte: O autor.

As etapas de combate vão desde o momento da detecção à desmobilização das equipes de combate (Figura 3). Dentre elas, o tempo de detecção é o mais complexo em ser obtido, uma vez que, é preciso identificar o incêndio no momento de sua origem, sendo necessário nesse caso, ter algum observador próximo da área incendiada.

Figura 3 – Esquema das etapas de combate aos incêndios florestais.



Fonte: O autor.

Nos locais onde a detecção é por câmeras, é possível realizar uma análise de vídeo, voltando as gravações até conseguir identificar o momento exato do incêndio. Entretanto, ainda assim, existem dificuldades devido à altura das árvores da floresta.

Para maior eficiência nos tempos de mobilização e deslocamento é necessário que a maioria dos incêndios ocorra durante as jornadas de trabalho dos brigadistas, uma vez que, em horários pós-atividades, os mesmos estarão dispersos em suas residências e com maior distância das ocorrências de incêndios. Dessa maneira, foi realizada uma análise temporal das ocorrências de incêndios considerando a distribuição ao longo do dia.

Depois de identificado um incêndio florestal, a informação é repassada até a equipe responsável pelo combate. Logo em seguida, o primeiro passo da equipe de combate é a mobilização. Sabendo que quanto maior o tempo do incêndio, maior é a área a ser combatida, a mobilização é um processo no qual as equipes combatentes tem que por hábito serem ágeis.

Considerando que as equipes de combate aos incêndios florestais do estudo são multifuncionais, ou seja, com menor número de pessoas e maior distribuição entre as áreas, há de se esperar menores tempos de mobilização e menores tempos de deslocamento, pois quanto menor a equipe, maior a facilidade de organização das pessoas, e quanto mais distribuídas nas áreas, menores as distâncias percorridas, logo, menores os tempos de deslocamento.

As equipes de combate são multifuncionais pois realizam atividades complementares como monitoramento e vigilância durante a jornada de trabalho, entretanto, a prioridade das equipes é o combate ao incêndio. Nesse caso, as equipes realizam as atividades normalmente durante a jornada de trabalho, mas a qualquer sinal de ocorrência de incêndio, elas param de executar a atividade do momento e começam a executar as etapas do combate, sendo a primeira, o registro do horário de detecção.

Cada equipe de combate é constituída por dois técnicos e um veículo automotor para deslocamento e acionamento da tecnologia de pressurização, um tanque de 600 litros de reservatório para transportar água, além de um sistema de moto-bomba acoplado ao motor do veículo, com mangueira  $\frac{3}{4}$ '' de diâmetro de aproximadamente 100 metros de comprimento equipada com bico regulável do tipo jato/leque para impulsionar a água no momento do combate. A tecnologia de espuma pressurizada possibilita utilizar um sistema de bombeamento de água pura ou misturada com retardante de fogo em alta pressão. Nesses casos, o sistema de bombeamento é controlado por um aparelho que mede os níveis de água e retardante. Quando acionado o uso do retardante, o dispositivo é programado para expelir uma mistura de água com retardante em alta pressão, transformando-a em uma espuma com alto poder de inibição de chamas (CANZIAN, et. al, 2018).

As equipes de combate de incêndios do local de pesquisa estudada são distribuídas dentre as áreas com raio de atuação de 25 km.

Com esse novo modelo de equipes multifuncionais, cujo número de pessoas é menor por equipe, esse estudo será analisado com classes de tempo de mobilização e deslocamento separadamente (Tabelas 1 e 2), diferenciando do modelo proposto por Lima e Soares (1992) e utilizado por alguns autores como Lima et al. (2018) em sua avaliação da eficiência de combate em incêndios florestais em Unidades de Conservação brasileiras.

Tabela 1 - Classes de tempo de mobilização em florestas de produção.

Classe	Tempo de Mobilização (min.)
I	$\leq 1$
II	$> 1 \leq 5$
III	$> 5 \leq 10$
IV	$> 10$

Fonte: O autor (2019).

A mobilização é uma etapa do combate de incêndio florestal crucial, onde, na maioria das vezes o resultado dela irá influenciar na área queimada e tempo gasto no combate.

Por já atuarem em outras atividades e serem distribuídas no maciço florestal, as equipes de combate devem apresentar tempos de deslocamentos compatíveis com o raio de distribuição, nesse caso 25 km, e o limite máximo de velocidade da via que é estabelecido por normas de segurança da própria empresa, que é de 60 km/h em estrada de terra.

Considerando o raio de atuação e a velocidade limitante de deslocamento, a distribuição de classes foi realizada considerando o limite em condições máximas de raio de deslocamento e velocidade, com a primeira classe de 0 a 25 minutos (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de tempo de deslocamento em florestas de produção.

Classe	Tempo de Deslocamento (min.)
I	$\leq 25$
II	$> 25 \leq 50$
III	$> 50 \leq 75$
IV	$> 75$

Fonte: O autor (2019).

A área média queimada tende a apresentar correlação com os tempos de mobilização e deslocamento. Dessa maneira, os incêndios foram distribuídos de acordo as classes de tamanho de incêndios florestais do *Canadian Forest Service* (SANTOS et al., 2006), e analisados quanto a frequência relativa das ocorrências dentro de cada classe (Tabela 3).

Tabela 3 - Classes de tamanho dos incêndios florestais.

Classe	Área queimada pelo incêndio (ha)
I	0 – 0,09
II	0,1 – 4,0
III	4,1 – 40,0
IV	40,1 – 200,0
V	> 200,00

Fonte: Santos et al. (2006).

A classificação do *Canadian Forest Service* tem sido utilizada há décadas por diversos autores entre eles Ramsey e Higgins (1981), Soares (1984) e diversos outros autores. Entretanto, essa classificação não considera as especificações dos tipos de floresta. Dessa maneira, os incêndios desta pesquisa foram analisados por uma nova distribuição de classes de incêndios, uma vez que, em florestas de produção, incêndios acima de 4,0 ha são considerados extremos, pois além dos impactos ambientais e sociais, existe elevada perda econômica (Tabela 4).

Tabela 4 - Classes de tamanho de incêndios em florestas de produção.

Classe	Área queimada pelo incêndio (ha)
I	$\leq 0,5$
II	$> 0,5 \leq 1,0$
III	$> 1,0 \leq 4,0$
IV	$> 4,0$

Fonte: O autor (2018).

As classes propostas neste estudo foram realizadas pelo critério subjetivo, atendendo o interesse da pesquisa. A metodologia de definição de classes proposta pela regra de Sturges através da fórmula  $k = 1 + 3,3(\log_{10} n)$  (CRESPO, 1997) por exemplo, apontou nesse banco de dados como ideal 8 classes. Demais metodologias de classes utilizadas como  $n(k) = \sqrt{n}$  apontaram até 56 classes.

Dessa maneira, o julgamento das classes foi determinado de acordo com a natureza dos dados, a fim de evitar classes com frequências nulas ou frequências relativas exageradamente grandes (LOPES, 2003).

Depois de classificados quanto ao tamanho de área queimada, foi realizado uma análise através da correlação de Pearson entre o tempo de deslocamento com a área queimada e tempo de combate, pois se espera que, quanto menor os valores do tempo de deslocamento, menores serão as áreas queimadas médias e os tempos de combate.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O conhecimento dos períodos críticos diários com maior incidência de ocorrências é de grande importância para o planejamento do uso dos recursos de combate aos incêndios florestais. O maior percentual de ocorrências de incêndios nas quatro regionais se concentra no horário das 14 horas (Figura 4).

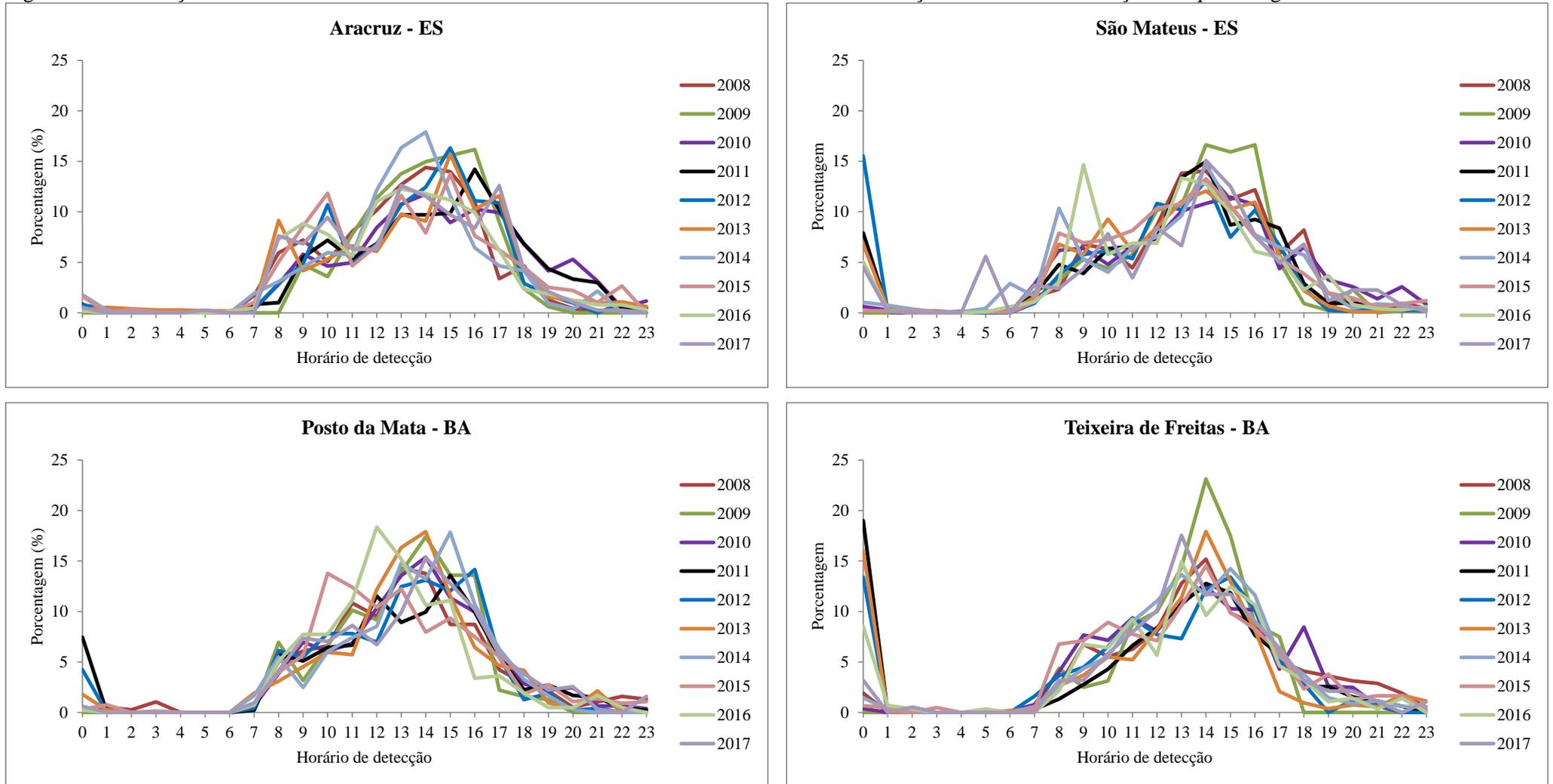
Os horários de maior incidência de ocorrência de focos de incêndios são das 13h às 16h59'59'', correspondente a 55,85%; 51,31%; 53,19% e 53,53% das ocorrências diárias respectivamente nas regionais Aracruz, São Mateus, Posto da Mata e Teixeira de Freitas. Além disso, pode-se notar que ao menos 87,24% dos focos ocorrem entre 8h e as 17h59'59'' em todas as regionais.

Uma possível causa do horário das ocorrências são as variações diárias de temperatura e umidade relativa, que interferem na umidade dos materiais combustíveis (TETTO et al, 2015). O mesmo autor ainda relatou que em seu estudo de incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009, 72,8% das ocorrências de incêndio foram detectadas entre as 11 e 18 horas.

Entre a inter jornadas de trabalho das equipes multifuncionais, que corresponde das 18h00'00'' às 07h59'59'', o período que apresentou picos de ocorrências acima de 5% foram sempre no intervalo de tempo entre 00h00'00'' à 01h00'00'', com quatro ocorrências em São Mateus, um em Posto da Mata e três em Teixeira de Freitas. Esse baixo percentual de ocorrências fora do horário da jornada de trabalho não justifica que equipes de combate de incêndios permaneçam nas áreas em tempo integral.

Locais onde as ocorrências de incêndios concentram-se no período da jornada de trabalho devem contemplar equipes em que suas residências sejam distribuídas estrategicamente com as áreas de plantio, pois em caso de ocorrências noturnas, as equipes mais próximas podem prestar apoio com maior rapidez.

Figura 4 - Distribuição das ocorrências de incêndios florestais da série histórica de 2008 a 2017 em função do horário de detecção nas quatro regionais.



Fonte: O autor.

De acordo com os registros analisados, os tempos de mobilização das equipes de primeiro combate aos incêndios florestais apresentaram distintas distribuições entre as 4 regionais e 4 classes de tempo de mobilização analisadas durante a série histórica entre os anos de 2008 à 2017 (Figura 5).

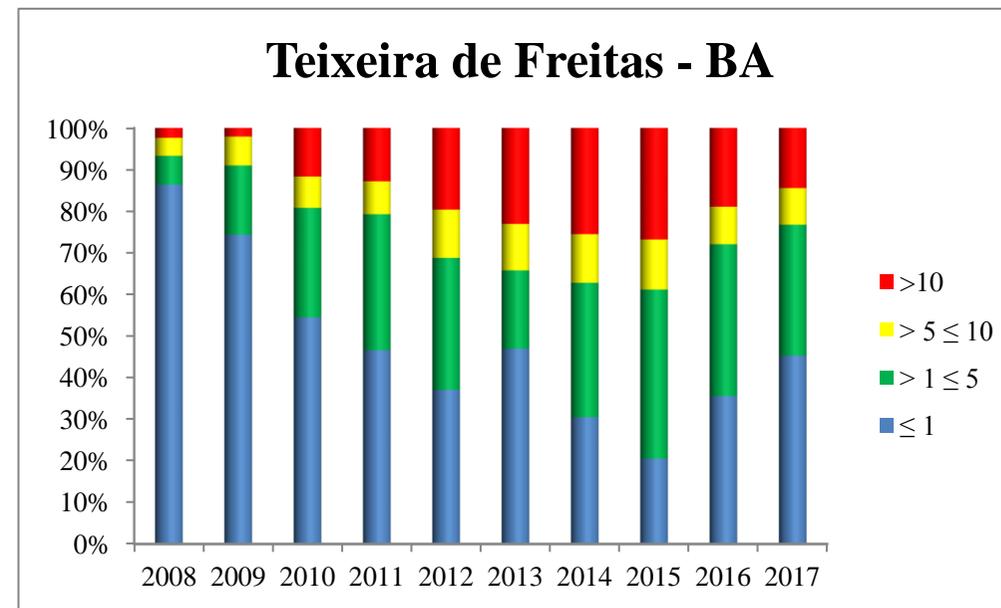
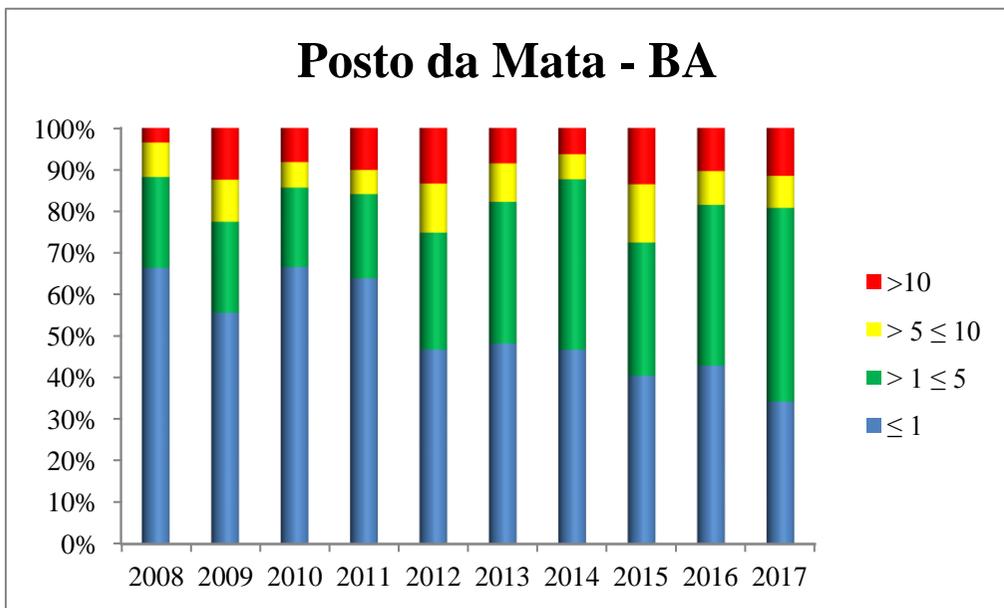
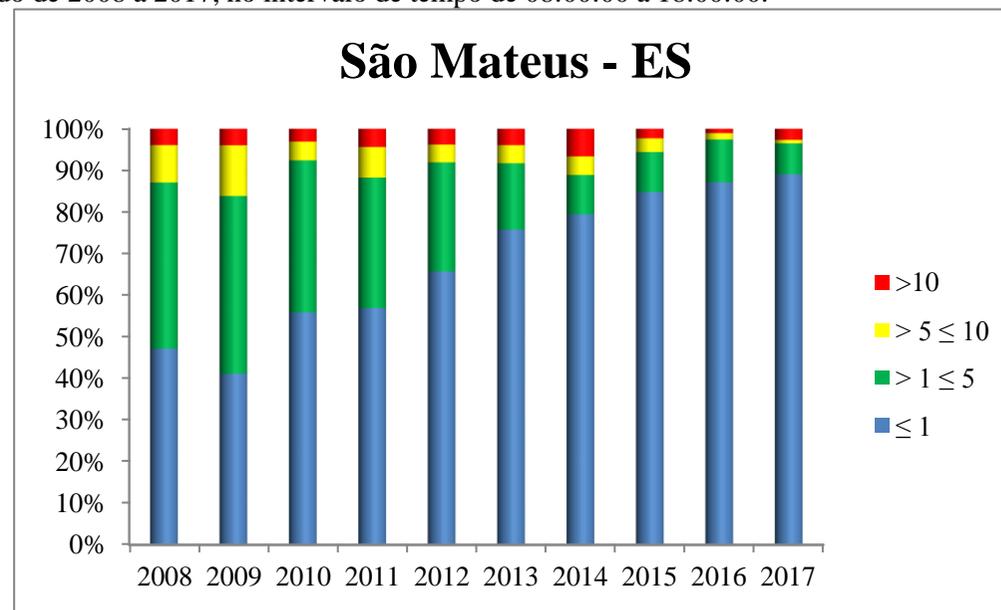
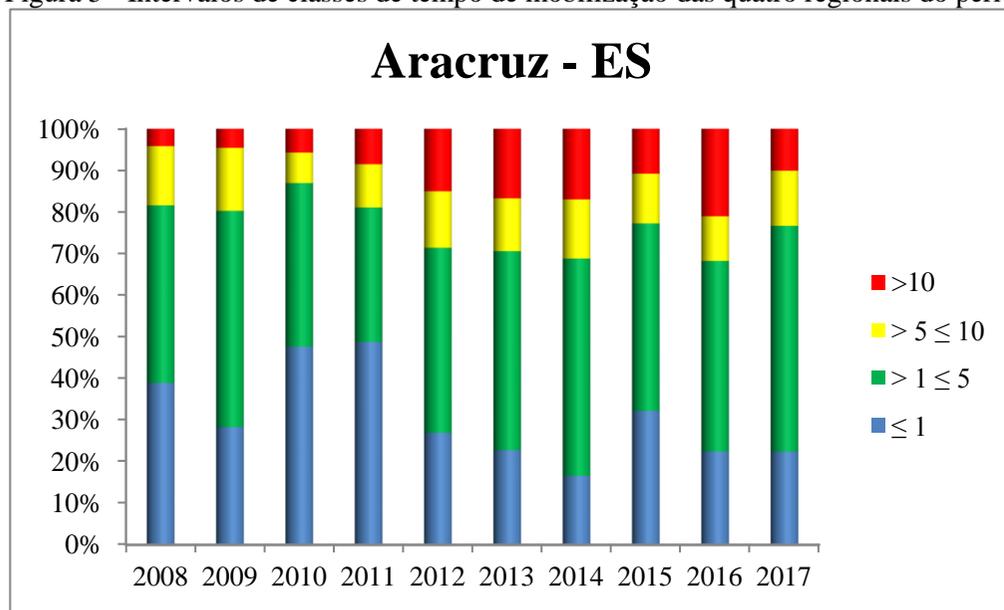
Equipes bem treinadas e comprometidas com o combate aos incêndios florestais devem, mesmo que multifuncionais, apresentar tempo de mobilização baixo. Corroborando com a necessidade de maior concentração de tempo de mobilização nas menores classes, BAO et al. (2015) destacaram a necessidade de resposta rápida para minimizar os prejuízos causados pelos incêndios.

São Mateus é a regional com melhor tempo de resposta quanto à mobilização, uma vez que, os percentuais de classes de menor valor são superiores as demais regionais. Além disso, é a regional com menor percentual de tempo de mobilização acima de 10 minutos, sempre inferior a 10% das ocorrências. Outro ponto de destaque é a melhoria contínua com o passar dos anos, pois é a única regional que vem aumentando o percentual de tempos de mobilização abaixo de 1 minuto.

Ao contrário de São Mateus, a regional Aracruz vem ao longo dos anos diminuindo o percentual de tempos de mobilização menor do que 1 minuto, o que proporciona maior tempo de alastramento do fogo no incêndio, conseqüentemente, piores condições para controlá-lo.

Teixeira de Freitas é a regional que apresentou maior concentração de ocorrências na escala de tempo de mobilização acima de 10 minutos. No período de 2012 a 2016 ao menos 20% das ocorrências apresentaram tempos de mobilização acima de 10 minutos.

Figura 5 - Intervalos de classes de tempo de mobilização das quatro regionais do período de 2008 a 2017, no intervalo de tempo de 08:00:00 a 18:00:00.



Fonte: O autor.

Em média, a regional Aracruz apresentou estatisticamente a pior média de mobilização da classe I, seguido pelas regionais de Teixeira de Freitas e Posto da Mata e por São Mateus com o melhor percentual, com 68,28 % das ocorrências de classe I (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias dos percentuais das classes de mobilização das quatro regionais da área durante a série histórica de 2008 a 2017.

Classes	Aracruz - ES	Posto da Mata – BA	São Mateus - ES	Teixeira de Freitas - BA
≤ 1	30,68 A b	51,13 B a	68,28 C a	47,75 B a
> 1 ≤ 5	45,60 B a	30,35 A b	22,95 A b	27,40 A b
> 5 ≤ 10	12,35 A c	8,72 A c	5,18 A c	9,10 A c
>10	11,37 AB c	9,80 AB c	3,59 A c	15,75 B bc

\* Médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula entre colunas e minúscula entre linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O pior resultado da classe II foi de Aracruz, diferenciando-se das demais regionais. Na classe III não houve diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade entre as regionais, e na classe IV, Teixeira de Freitas apresentou o pior resultado, entretanto, diferenciou-se apenas de São Mateus, com média de 15,75 % de ocorrências com tempo de mobilização acima de 10 minutos.

De maneira geral, São Mateus apresentou os melhores resultados de tempo de mobilização, concentrando maiores percentuais de ocorrências nas menores classes de mobilização. Pode-se observar também que ao menos 75,15% das ocorrências permaneceram até a classe II em todas as regionais.

As classes de tempo de mobilização apresentaram diferença estatística em todas as regionais, sendo que, apenas São Mateus e Posto da Mata apresentaram resultados dentro do desejado, com maiores percentuais nas primeiras classes. Além disso, as classes III e IV foram as únicas estatisticamente iguais entre as quatro regionais.

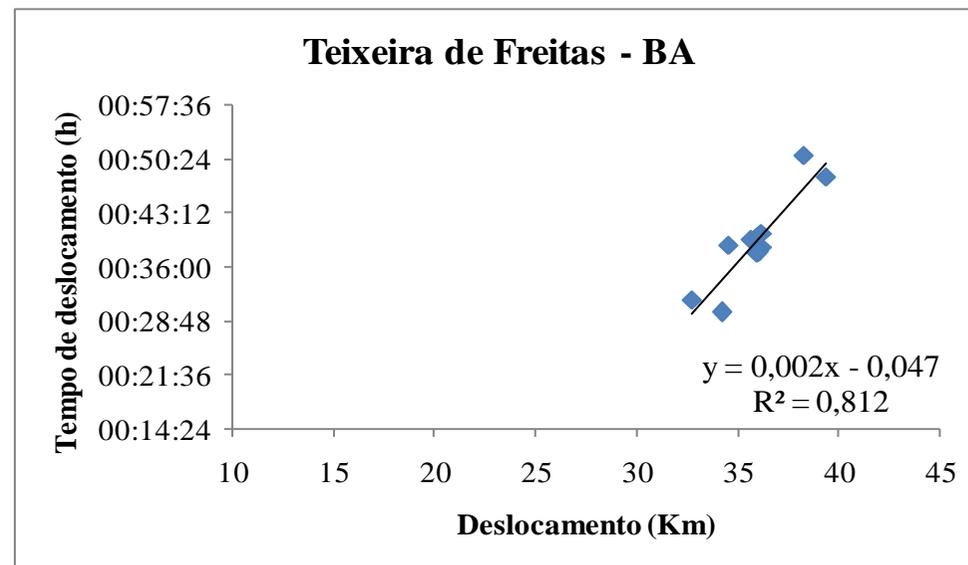
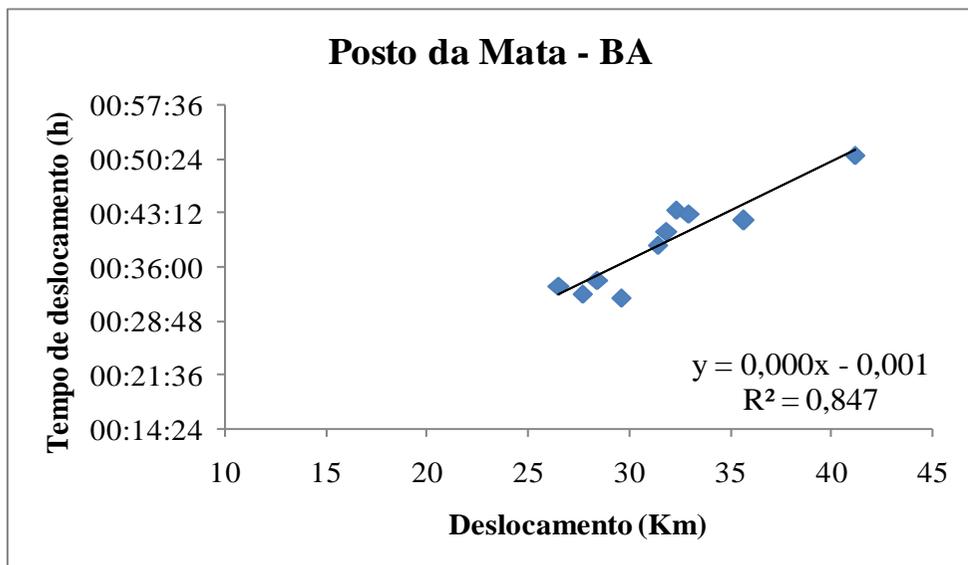
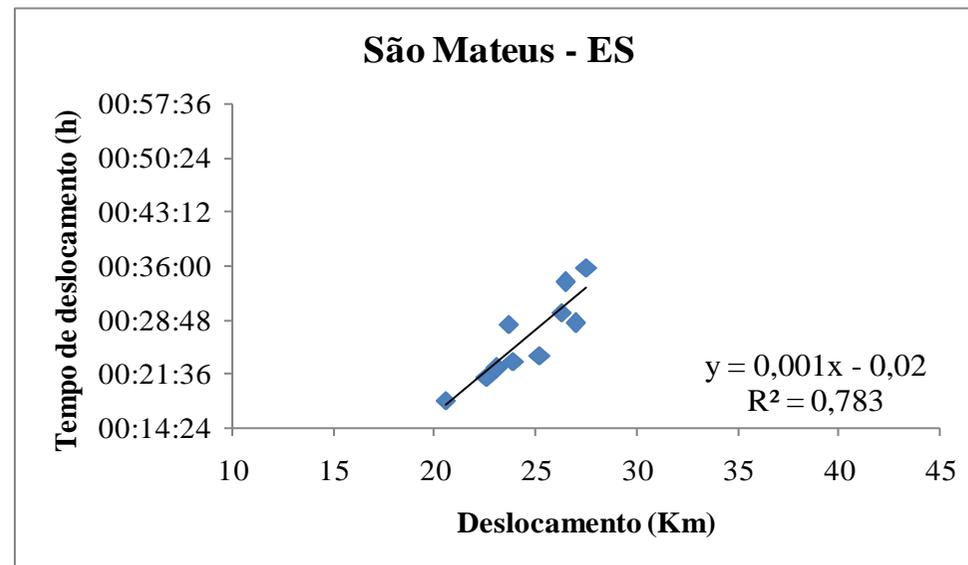
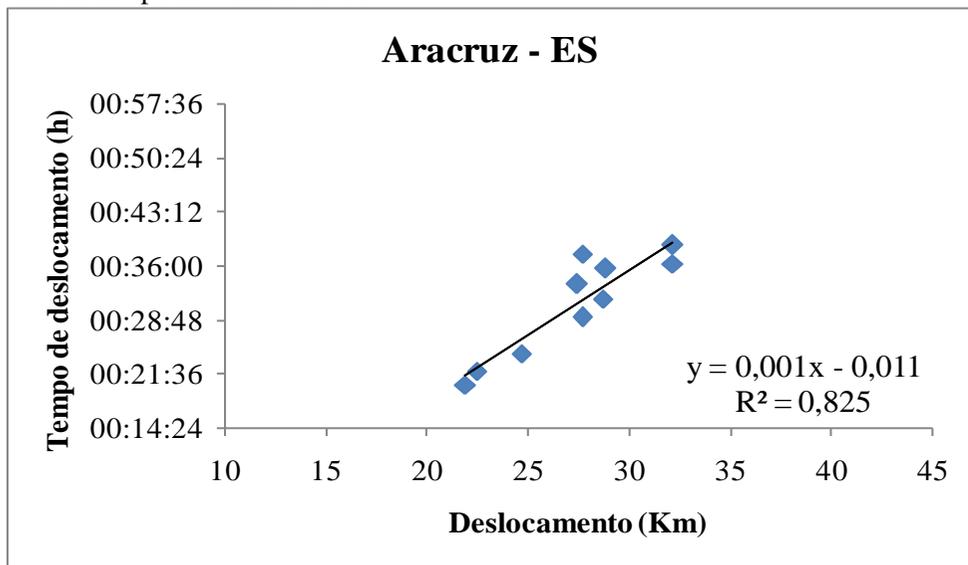
Na maioria dos estudos, a mobilização é incluída no tempo de deslocamento. Entretanto, a individualização da análise do processo de mobilização pode apontar oportunidades de melhorias. Na maioria das vezes, as oportunidades estão na maneira de receber a informação e agir, sendo que, treinamentos específicos podem ajustar e aperfeiçoar a etapa.

Após a mobilização, o deslocamento deve apontar aspectos relacionáveis com a distância percorrida pelas equipes de combate e com as condições da via e seus limites de velocidade.

As regionais Aracruz e São Mateus apresentaram distâncias percorridas inferiores à Posto da Mata e Teixeira de Freitas, conseqüentemente tempos de deslocamentos menores (Figura 6).

Pode-se observar que Teixeira de Freitas e São Mateus apresentaram as menores amplitudes de deslocamento, respectivamente 6,63 e 6,97 km contra 10,28 de Aracruz e 14,65 de Posto da Mata. Apesar da menor amplitude de deslocamento, Teixeira de Freitas apresentou a maior amplitude de tempo deslocado, chegando a 00:20:54, seguido por Posto da Mata, Aracruz e São Mateus, respectivamente com os valores: 00:18:59; 00:18:32 e 00:17:41.

Figura 6 – Análise de regressão do tempo de deslocamento médio pela distância percorrida pelas equipes de combate de incêndios florestais das quatro regionais durante o período de tempo de 2008 a 2017.



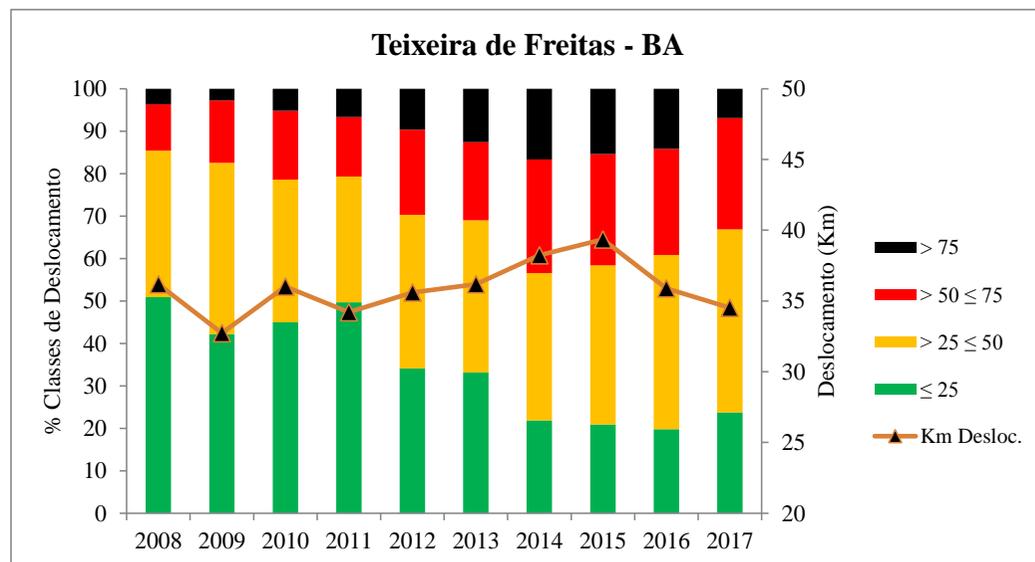
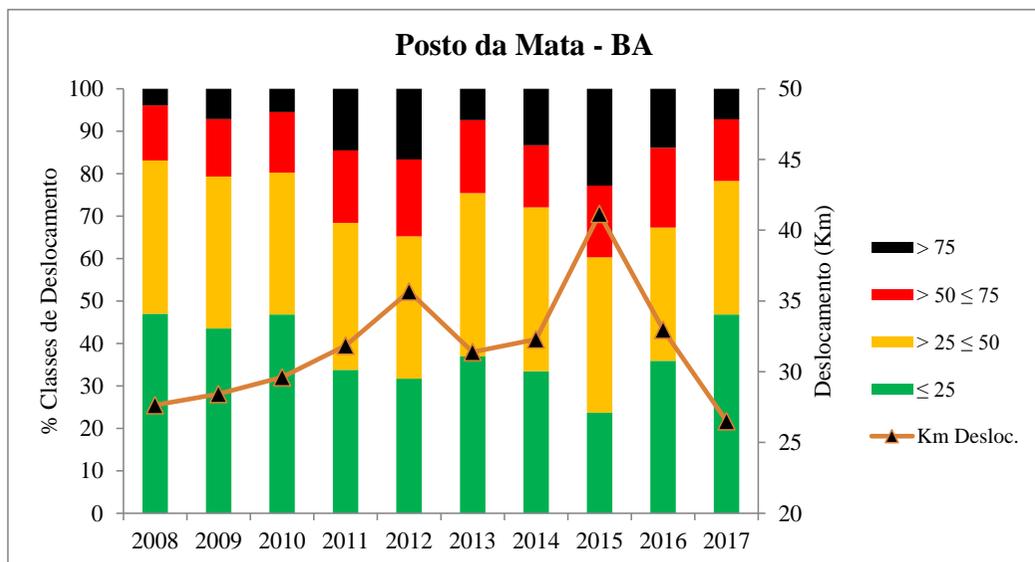
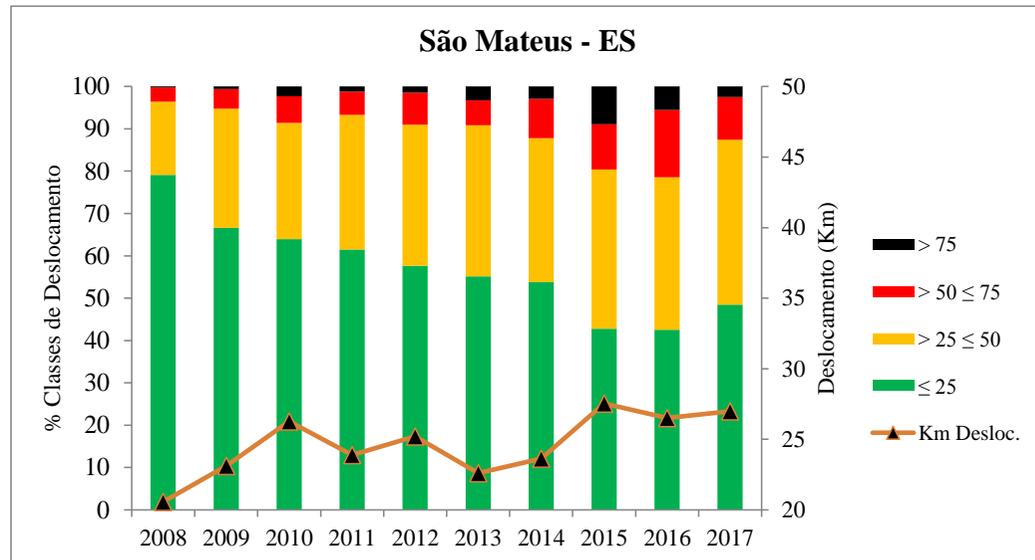
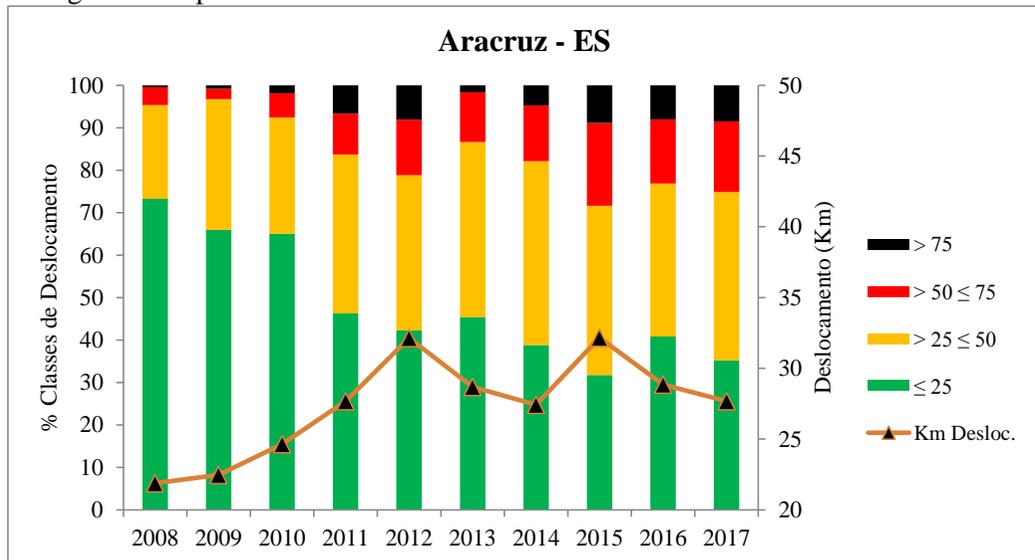
Em média as equipes de combate aos incêndios florestais das regionais Teixeira de Freitas e Posto da Mata apresentaram os piores tempos médios de deslocamento e distâncias médias percorridas, respectivamente 00:39:18 e 35,89Km e 00:39:02 e 31,75Km, seguido por 00:30:50 e 27,36Km em Aracruz e 00:26:26 e 24,62 Km em São Mateus (Figura 7).

As regionais Aracruz, São Mateus e Teixeira de Freitas reduziram os percentuais de ocorrências com tempo de deslocamento da classe I. Já a regional Posto da Mata apresentou oscilações ao longo dos 10 anos analisados.

A análise de correlação de Pearson para a metodologia proposta neste estudo de classes de tempo de deslocamento com a distância percorrida pelas equipes de combate aos incêndios florestais apresentou correlação positiva muito alta nas regionais Posto da Mata, Aracruz e Teixeira de Freitas, e correlação positiva alta para São Mateus, respectivamente representados pelos valores: 0,92; 0,91; 0,90 e 0,88. Ou seja, quanto maior o raio de distribuição e atuação das equipes de combate, maiores serão os tempos de deslocamento das equipes de combate aos incêndios florestais.

O binômio tempo x fogo é determinante para distribuição das equipes em campo admitindo os riscos de tamanho de área queimada, uma vez que, quanto maior o deslocamento, maior o tempo para chegada em determinada área, logo, maior é a tendência de que o incêndio esteja maior.

Figura 7 – Distribuição do percentual de ocorrências nos intervalos de classes de tempo de deslocamento e distância média percorrida pelas equipes de combate das quatro regionais do período de 2008 a 2017.



Fonte: O autor.

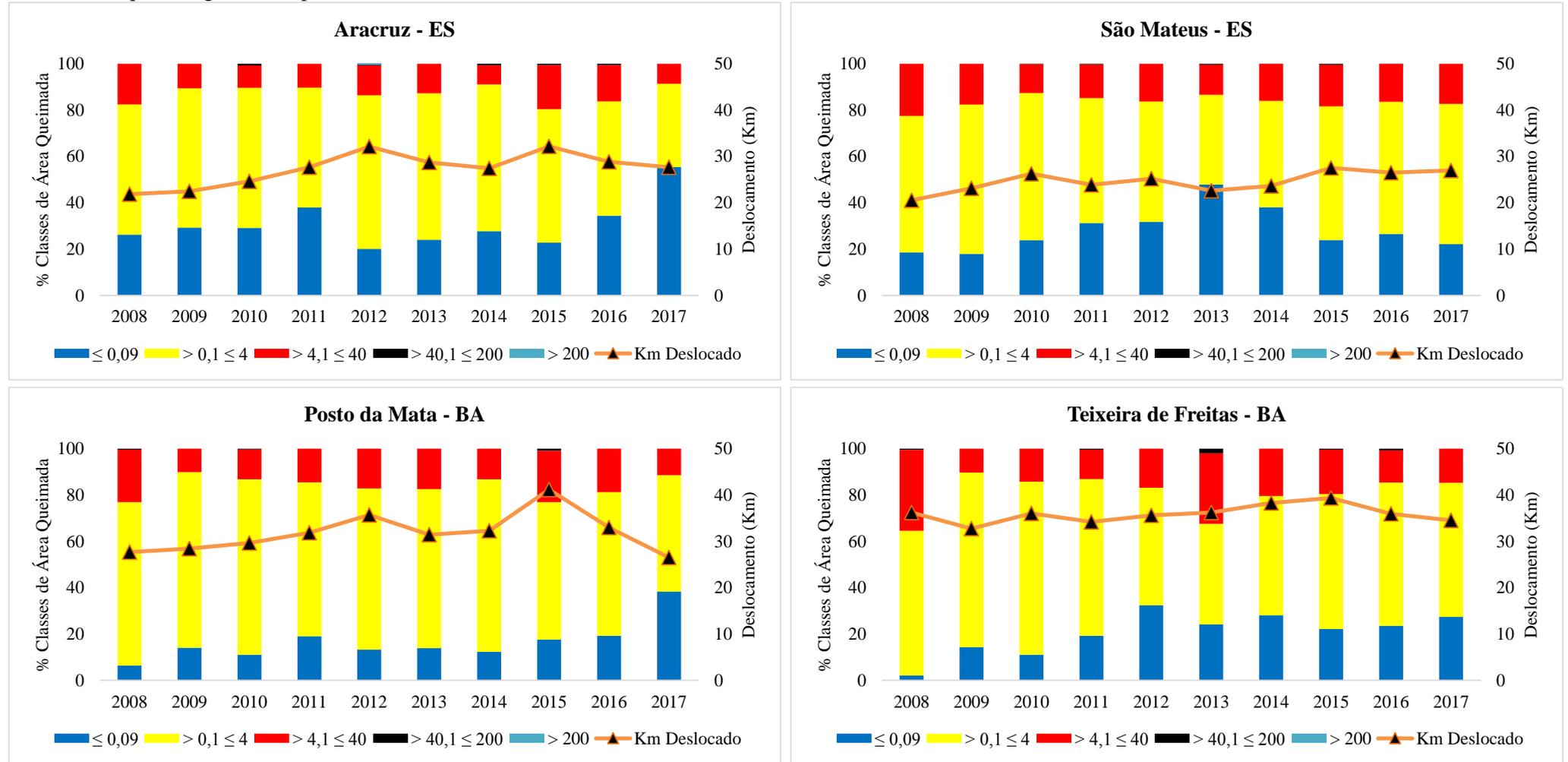
A classificação de classes de áreas queimadas do *Canadian Forest Service*, utilizada mundialmente por diversos autores, concentrou em média 56,42%, 67,26%, 55,34% e 60,34% das áreas queimadas nos incêndios dentro apenas do intervalo de classe II respectivamente nas regionais Aracruz, São Mateus, Posto da Mata e Teixeira de Freitas (Figura 8).

Apesar da metodologia do *Canadian Forest Service* considerar cinco classes, a distribuição desse estudo limitou-se em concentrar ao menos 99,58% das ocorrências em apenas 3 classes nas distintas regionais, sendo respectivamente as médias das quatro regionais distribuídas nas classes I, II e III com os respectivos valores de 23,95; 59,81 e 15,96 %.

A concentração de área queimada de classe II, ou seja, entre 0,1 e 4 ha é considerada uma amplitude muito grande para incêndios de empresas de produção florestal, uma vez que, além da perda econômica da floresta, o custo de reforma de cada ha é considerado alto.

Nesse estudo, utilizando a metodologia do *Canadian Forest Service* não é possível correlacionar a classe de área queimada pela distância média percorrida pelas equipes de combate, uma vez que, independente da quilometragem percorrida pelas equipes até a ocorrência do incêndio, ele majoritariamente está dentro da classe de 0,1 a 4 ha de área queimada. As únicas exceções são Aracruz 2017, Posto da Mata 2015 e Teixeira de Freitas em 2008 e 2013.

Figura 8 - Intervalos de classes de tamanho de área queimada pela metodologia do *Canadian Forest Service* (SANTOS et al., 2006) x Deslocamento (Km) das equipes de combate das quatro regionais do período de 2008 a 2017.



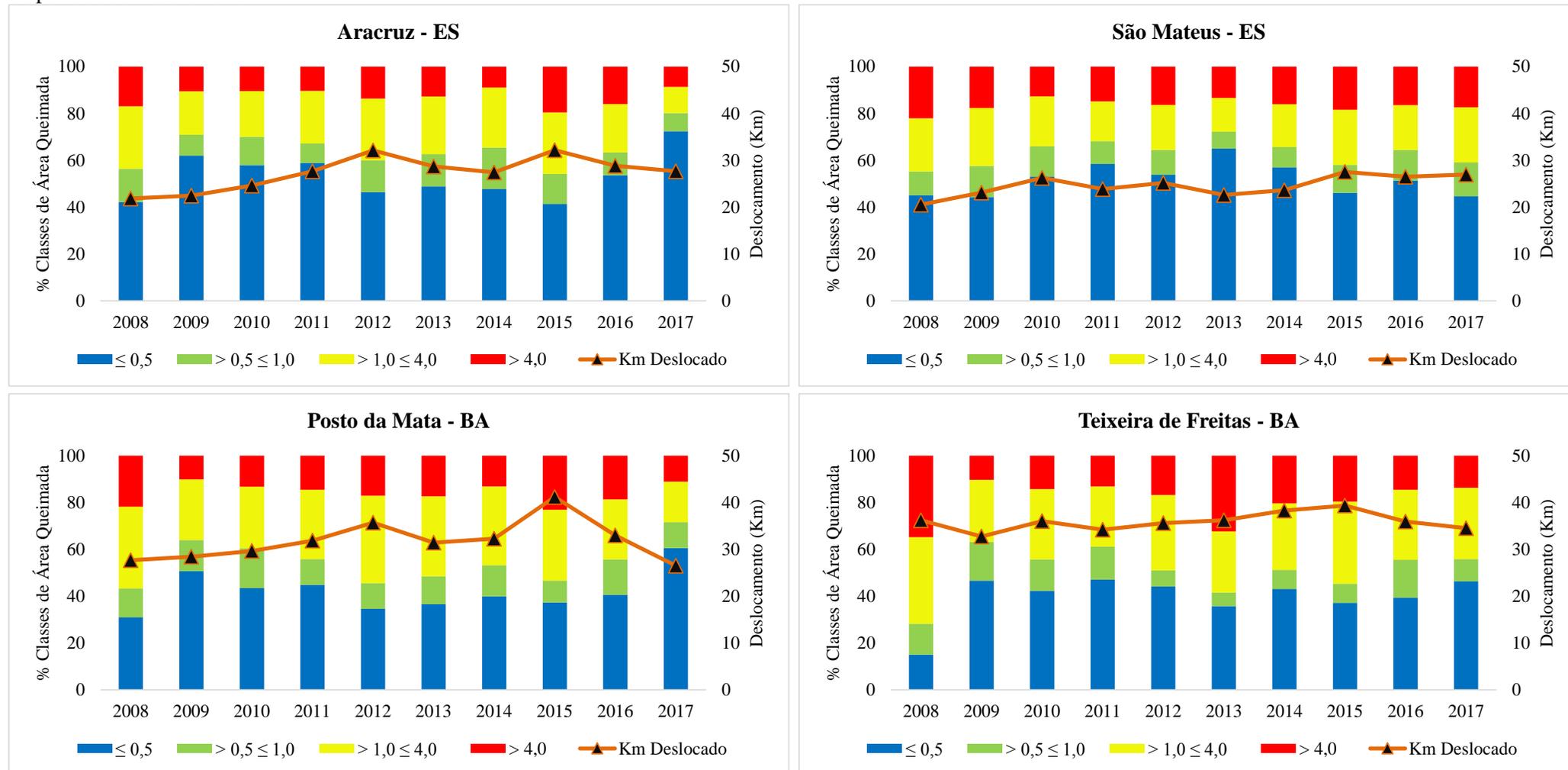
Fonte: O autor.

Já a classificação proposta por este estudo, além da maior concentração estar na classe I, a distribuição entre as classes é mais dividida, com médias das quatro regionais respectivamente das classes I, II, III e IV valores de 46,68%, 11,69%, 25,57% e 18,21 % de área média queimada por ocorrência de incêndio (Figura 9).

Lima et al (2018) utilizando a metodologia do *Canadian Forest Service* obteve como resultado no estudo sobre perfis de incêndios florestais em Unidades de Conservação (UCs) do Brasil incêndios concentrados nas classes II, III e IV. Esses resultados reforçam a necessidade de uma classificação de áreas queimadas com intervalos que se adequem a realidade de florestas de produção.

Teixeira de Freitas é considerado por esta metodologia a pior regional, com apenas 50,87 % das ocorrências com classe até II. As regionais Aracruz e São Mateus apresentaram resultados satisfatórios quanto a classe I, respectivamente com 53,17% e 51,92%.

Figura 9 - Intervalos de classes de tamanho de área queimada pela metodologia proposta por esta pesquisa x Deslocamento (Km) das equipes de combate das quatro regionais do período de 2008 a 2017.



Fonte: O autor.

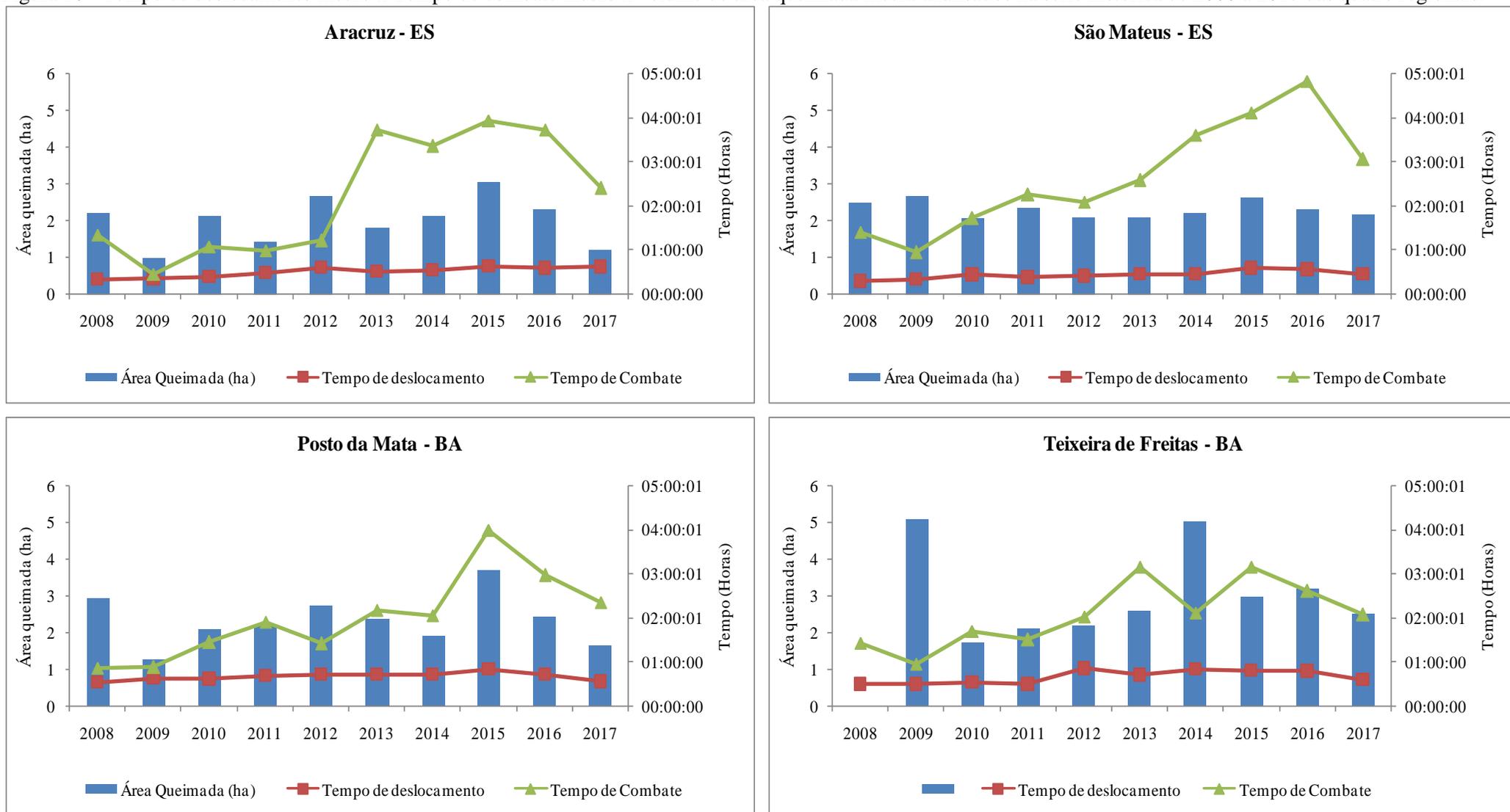
Os dados analisados revelaram os tempos médios de deslocamento e de combate respectivamente para as regionais Aracruz, São Mateus, Posto da Mata e Teixeira de Freitas de 30'51'' e 02h14'07"; 26'45'' e 02h40'07"; 40'30'' e 02h00'24"; 39'39'' e 02h04'20'' e área queimada média de 1,99 ha; 2,31 ha, 2,32 ha e 2,93 ha para as regionais supracitadas (Figura 10).

Diferente do encontrado nesta pesquisa, Lima et al. (2018) em seu estudo de eficiência de combate aos incêndios florestais em Unidades de Conservação brasileiras encontrou um volume de área média queimada de 613,61 ha, demonstrando uma realidade totalmente diferente e intolerável para áreas de florestas de produção.

Na mesma linha de disparidade de área média queimada do encontrado nesta pesquisa, Lima e Soares (1992) e Soares e Santos (2002), em seus estudos sobre incêndios florestais no Brasil, encontraram médias respectivamente de 66,7 e 135 ha de área queimada.

Aracruz e São Mateus apresentaram os menores tempos de deslocamento, entretanto os tempos de combate foram superiores aos das regionais Posto da Mata e Teixeira de Freitas.

Figura 10 - Tempo de deslocamento médio x Tempo de combate médio x volume de área queimada média analisados na série histórica de 2008 a 2017 das quatro regionais.



Fonte: O autor.

A correlação de Pearson demonstrou que entre as regionais analisadas o tempo de deslocamento versus o tempo de combate apresentou melhor correlação, com alta correlação positiva nas regionais de São Mateus e Posto da mata e correlação positiva moderada em Aracruz e Teixeira de Freitas, ou seja, quanto maior o tempo para chegar ao local da ocorrência, maior foi o tempo necessário para combater os incêndios (Tabela 6).

Tabela 6: Correlação de Pearson entre Área queimada média e tempo de deslocamento e de combate das quatro regionais da região de estudo no período de 2008 a 2017.

	Área Média Queimada x Tempo de Deslocamento	Área média Queimada x Tempo de Combate	Tempo de Deslocamento x Tempo de Combate
Aracruz	0,39	0,43	0,67
São Mateus	-0,14	-0,10	0,89
Posto da Mata	0,51	0,50	0,71
Teixeira de Freitas	0,08	0,38	0,69

Fonte: O autor.

A mesma correlação não foi observada entre os tempos de deslocamento e de combate com a área média queimada. Na regional São Mateus não houve correlação, Aracruz e Teixeira de Freitas apresentaram baixa correlação e Posto da Mata, correlação positiva moderada.

#### 4 CONCLUSÕES

O tempo de ação nas ocorrências de incêndios florestais foi ágil, o que proporcionou baixo quantitativo de área queimada frente à quantidade de incêndios que ocorreu nas áreas do estudo.

Os dados desta pesquisa possibilitaram propor uma metodologia de análise de ocorrências de incêndios em florestas de produção com a capacidade de direcionar gestores de combate aos incêndios florestais em florestas de produção à analisar como a estrutura e o modelo de combate aos incêndios têm se comportado, de maneira que, quanto maior a concentração de ocorrências nas maiores classes, maiores serão as possibilidades de ajustes no sistema de combate.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMEK, M. et al. Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in central Europe. **Forest Ecology and Management**, v. 336, p. 81 - 90, 2015.

BARLOW, J et al. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Biological Conservation** v 154, p. 1-8, 2012.

BAO, S. et al. Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models. **Fire Safety Journal**, v.71, p.100 - 109, 2015.

BONAZOUNTAS, M. et al. A decision support system for managing forest fire casualties. **Journal of Environmental Management**, v. 84, n. 4, p. 412 - 418, 2007.

CANZIAN, W. P. et al. Eficiência do uso da água em métodos de combate a incêndios em florestas plantadas. **Nativa**, v.6, n. 3, p. 309-312, 2018.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 15ª Ed. Saraiva, São Paulo, SP, 1997.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária do centro nacional de pesquisa de solos (EMBRAPA). **Levantamentos generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose SA no Estado do Espírito Santo e no extremo sul do Estado da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto**. 2000, 111p.

FIBRIA. **Relatório 2017: Uma floresta de oportunidades**. 2017, 84p. Acesso em 30/08/2019. Disponível em: <http://r2017.fibria.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Rel-Fibria-2017.pdf>.

HERAWATI, H.; SANTOSO, H. Tropical forest susceptibility to and risk of fire under changing climate: a review of fire nature, policy and institutions in Indonesia. **Forest Policy and Economics**; v. 13, p. 227-233, 2011.

IRLAND, L. C. Extreme value analysis of forest fires from New York to Nova Scotia, 1950-2010. **Forest Ecology and Management**, v. 294, p. 150-157, 2013.

LIMA, G. S. et al. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018.

LIMA, G. S.; SOARES, R. V. Avaliação de eficiência de combate aos incêndios florestais no Brasil. **Floresta**, v. 22, n. 1/2, p. 25-38, 1992.

LOPES, L. F. D. **Apostila Estatística**. UFSM, 61 p., 2003. Acesso em: 26/06/2018. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/LIVROS/LIVROS/Luis%20Felipe%20Dias%20Lopes.pdf>.

RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian forest fire statistics**. Ontario: Canadian Forest Service, 1981. 71p.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, v. 36, n.1, p. 93-100, 2006.

SOARES, R. V. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em 1983. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 58, p. 3142, 1984.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, v. 32, n. 2, p. 219-232, 2002.

TETTO, A. F. et al. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **Cerne**, v. 21 n. 3, p. 345-351, 2015.

ZAITSEV, A. S. et al. Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 261-271, 2016.