

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

THIAGO MAGNO TAVARES MACHADO

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO EM EPISÓDIOS DE INCÊNDIOS NO NORTE  
FLUMINENSE: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO FIDELIS

Macaé, agosto de 2020

THIAGO MAGNO TAVARES MACHADO

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO EM EPISÓDIOS DE INCÊNDIOS NO NORTE  
FLUMINENSE: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO FIDELIS

Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Abrangente.

Orientador: D.Sc. Isimar de Azevedo Santos

Co-orientadora: D.Sc. Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva

Macaé, agosto de 2020

**FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA BIBLIOTECA DO CAMPUS MACAÉ**

551.52  
M149m  
2020

Machado, Thiago Magno Tavares

Monitoramento meteorológico em episódios de incêndios no Norte Fluminense: um estudo de caso em São Fidélis / Thiago Magno Tavares Machado. --- Macaé: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Laboratório de Meteorologia, 2020.

51 f. : il.

Monografia (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada)

Orientador: Isimar de Azevedo Santos.

Coorientadora: Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva.

Bibliografia: f. 48-51

1. Incêndios florestais 2. Velocidade do vento 3. Direção do vento I. Título.

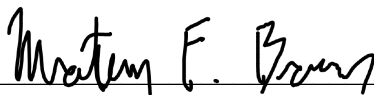
THIAGO MAGNO TAVARES MACHADO

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO EM EPISÓDIOS DE INCÊNDIOS NO NORTE  
FLUMINENSE: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO FIDELIS

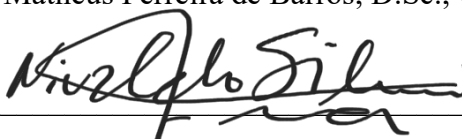
Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Abrangente.

Aprovado em 07 de agosto de 2020

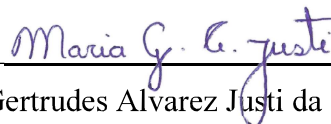
BANCA EXAMINADORA



Prof. Matheus Ferreira de Barros, D.Sc., UFRJ

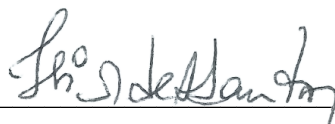


Prof. Nivaldo Silveira Ferreira, D.Sc., UENF



Prof.<sup>a</sup> Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva, D.Sc., UENF

(Co-orientadora)



Prof. Isimar de Azevedo Santos, D.Sc, UENF

(Orientador)

A Deus, meus filhos, aos meus pais, em especial a minha mulher que segurou todas as demandas familiares para que eu pudesse estar num curso presencial, com carinho dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo ensino gratuito e de qualidade, a ECMWF de onde foram extraído os dados para executar o estudo de caso e tornou esse documento possível. E por fim ao INMET que com uma linguagem de fácil compreensão me permitiu entender melhor os dados climatológicos.

Aos professores do programa de pós-graduação em Especialização em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Abrangente.

A todos os membros da banca examinadora, por terem aceitado contribuir com este trabalho. Em especial ao meu orientador Isimar de Azevedo dos Santos que me deu ar e ânimo para finalizar o trabalho de conclusão de curso e a professora Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva a qual sempre foi paciente e minha força na pós seja qual fosse a demanda. Muito obrigado a toda equipe UENF/UFRJ.

Aos parceiros de curso, os quais tiveram o papel muito importante na excelência do curso e motivação para dar o melhor.

## RESUMO

O aumento na ocorrência de incêndios florestais observado nestes últimos 10 anos tem ocasionado grandes perdas de fauna e flora em todo o planeta. Segundo estudos, a probabilidade do aumento de casos, devido um aumento do período da seca e da temperatura é bastante alta. Grandes Organizações, como por exemplo a ONU, vêm trabalhando em projetos para conscientização de governantes, empresários e tomadores de decisão, para que as melhorias na previsão do tempo, bem como os estudos do clima e das mudanças climáticas, possam contribuir para a segurança dos bombeiros do fogo. Este documento apresenta estudos no âmbito dos incêndios florestais, objetivando propor estruturas de informação meteorológica que ajudem na prevenção da ocorrência de desastres decorrentes das armadilhas que as variações do vento produzem durante as queimadas. Demonstram-se, através do estudo de caso de um incêndio florestal na região Norte Fluminense, como o monitoramento das variáveis meteorológicas temperatura, umidade, velocidade do vento e principalmente a direção do vento, pode resultar em melhoria na capacidade de resposta. Identificada a carência de estações meteorológicas e climatológicas na região de interesse, foram obtidos dados de vento das reanálises do ECMWF, objetivando um maior entendimento de como as variações na direção e intensidade dos ventos regionais trazem riscos ao trabalho dos brigadistas.

Palavras-chave: Incêndios florestais. Velocidade do Vento. Direção do Vento.

## **ABSTRACT**

The increase in the occurrence of forest fires observed in the last 10 years has caused great losses of fauna and flora across the planet. According to studies, the probability of an increase in cases due to an increase in the period of drought and temperature is quite high. Large organizations, such as the UN, have been working on projects to raise awareness among government officials, entrepreneurs and decision makers, so that improvements in weather forecasting, as well as studies of climate and climate change, can contribute to the security of fire firefighters. This document presents studies in the scope of forest fires, aiming to propose structures of meteorological information that help in preventing the occurrence of disasters resulting from the traps that wind variations produce during fires. Through the case study of a forest fire in the Northern Rio de Janeiro State region, it is demonstrated how the monitoring of meteorological variables, temperature, humidity, wind speed and mainly the wind direction, can result in improved response capacity. Having identified the lack of meteorological and climatological stations in the region of interest, wind data were obtained from the ECMWF reanalysis, aiming at a greater understanding of how variations in the direction and intensity of regional winds bring risks to the work of the brigadiers.

**Keywords:** Forest fires. Variations in wind speed. Variations in the wind direction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Praia na região de Bormes-les-Mimosas, França - RFI .....	16
Figura 2 – Foto do esquadrão de elite.....	17
Figura 3 - Canguru carbonizado.....	18
Figura 4 - Ação dos bombeiros, combatendo os incêndios da Queimada do Sábado Negro. ..	18
Figura 5 - Em (a) o caminhão do Corpo de bombeiro e em (b) brigadistas. ....	19
Figura 6 - Número de incêndios no Brasil de 1 de janeiro a 27 de agosto de cada ano. ....	19
Figura 7 – Informação das médias das temperaturas máximas no decorrer dos meses de 1981 a 2019. ....	24
Figura 8 - Velocidade do vento no dia 08 de setembro de 2019 em São Fidélis. ....	25
Figura 9 - Velocidade do vento no dia 12 de setembro de 2019 em São Fidélis. ....	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
Figura 10 - Variações de Temperatura em São Fidélis de 5 a 13 de setembro de 2019.....	26
Figura 11 – Localização de São Fidélis, Campos dos Goytacazes e Macaé, municípios onde estão as estações meteorológicas mais próximas <sup>4</sup> . ....	26
Figura 12 - Demonstra a distância da estação de Campos e Macaé em relação ao município de São Fidélis. ....	27
Figura 13 - Ação do corpo de bombeiro no dia 13 de setembro de 2019, para o combate ao incêndio florestal. ....	29
Figura 14 - Componente zonal (u) do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. ....	30
Figura 15 - Componente meridional (v) do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019.....	30
Figura 16 - Direção do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019 .....	31
Figura 17 - Intensidade do Vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. ....	32

Figura 18 - Representação do vento local, em São Fidelis, no período de 3 a 6 de setembro de 2019. ....	33
Figura 19 - Representação do vento local, em São Fidelis, no período de 7 a 10 de setembro de 2019. ....	34
Figura 20 – Representação do vento local, em São Fidélis, entre 11 e 12 de setembro de 2019. ....	35
Figura 21 - Campo do vento (m/s) regional no dia 3 de setembro de 2019. ....	36
Figura 22 - Campo do vento (m/s) regional no dia 4 de setembro de 2019. ....	37
Figura 23 - Campo do vento (m/s) regional no dia 5 de setembro de 2019. ....	38
Figura 24 - Campo do vento (m/s) regional no dia 6 de setembro de 2019. ....	39
Figura 25 - Campo do vento (m/s) regional no dia 7 de setembro de 2019. ....	40
Figura 26 - Campo do vento (m/s) regional no dia 8 de setembro de 2019. Fonte dos dados: Reanálise ERA5 do ECMWF. ....	41
Figura 27 - Campo do vento (m/s) regional no dia 9 de setembro de 2019. ....	42
Figura 28 - Campo do vento (m/s) regional no dia 10 de setembro de 2019. ....	43
Figura 29 - Campo do vento (m/s) regional no dia 11 de setembro de 2019. ....	44
Figura 30 - Campo do vento (m/s) regional no dia 12 de setembro de 2019. ....	45
Figura 31 - Estrutura dos cinco eixos do sistema de alerta para gestão do risco e desastres associados a incêndios florestais. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APA – Área de Preservação Ambiental.

CEMADEM - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.

ECMWF - Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo.

EUMETSAT - Organização Europeia para a Exploração de Satélites Meteorológicos.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

SRTM – Missão Topográfica de Radar da Shuttle.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. Objetivos .....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1. Incêndio florestal.....	14
2.2. Comportamento do fogo.....	14
2.3. Incêndios em diversas regiões .....	15
2.4. Bioma mata atlântica.....	23
2.4.1. Município de São Fidelis.....	24
2.5. Estações meteorológicas .....	20
2.6. Reanálises do ECMWF.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3. METODOLOGIA .....	21
3.1. Caracterização da área de estudo .....	21
3.2. Dados .....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
5. CONCLUSÕES.....	46
BIBLIOGRAFIA.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os contribuintes importantes para as mudanças climáticas que têm preocupado a humanidade nos tempos atuais, encontra-se a ação do homem em aumentar o efeito estufa decorrente principalmente do lançamento em larga escala de gás carbônico na atmosfera, proveniente da queima de combustíveis para geração de energia, e decorrente também dos incêndios florestais. Além deste dano indireto, os incêndios florestais provocam danos diretos, a longo e médio prazo, tais como a perda de espécies da fauna e da flora, bem como modificações no clima de seus arredores.

O estudo e o conhecimento das condições de tempo e clima nas regiões vulneráveis a incêndios florestais são fatores de extrema importância para o estabelecimento de estratégias efetivas e seguras de combate ao fogo e de proteção dos combatentes. Se um dos papéis dos bombeiros é conter a propagação do fogo, a fim de proteger a população e os bens ameaçados, juntamente com esta obrigação, as agências de bombeiros também enfrentam a necessidade de garantir a segurança de suas equipes.

Como destacado em alguns trabalhos da revisão bibliográfica, muitos bombeiros foram feridos ou mortos durante o combate a incêndios florestais em todo o mundo. De 1910 a 2006, 900 pessoas morreram nos Estados Unidos, incluindo 411 do aprisionamento, ou seja, diretamente pegos pelo calor ou fumaça do fogo. ALEXANDER E BUXTON-CARR (2011) relataram 165 mortes de bombeiros no Canadá de 1941 a 2010. Na Europa, 521 mortes, civis e bombeiros, foram contadas de maneira não exaustiva entre 1980 e 2007, enquanto na Austrália 733 civis e 92 bombeiros morreram durante incêndios entre 1901 e 2011. Isso enfatiza a necessidade de abordar mais detalhadamente o papel do comportamento do fogo em relação à segurança dos bombeiros. Vários estudos investigaram o ambiente e as condições que originam as armadilhas do fogo (condições climáticas atípicas que ocorrem ao mesmo tempo, como temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, alta intensidade do vento e mudanças bruscas da direção do vento) e como realizar a mitigação dos incêndios (BLANCHI; ET AL, 2012); (DIAKAKIS; ET AL, 2016), enquanto outros se concentraram no comportamento do fogo e em fatores humanos usando estudos de caso.

Apesar de PAGE E BUTLER (2017) apontarem o papel da inclinação topográfica nas fatalidades nos Estados Unidos, seu modelo falhou em captar a importância do vento. Ao contrário, LAHAYE; CURT; HÉLY (2016). constataram que a velocidade do vento era o fator

mais significativo de armadilhas na França. Nenhum desses estudos foi realizado na Austrália, mas CHENEY; GOULD; MCCAWE (2001) revisou alguns casos reais e definiu o conceito de 'Zona do Homem Morto'. Este conceito foi amplamente disseminado em materiais de treinamento para combate a incêndios florestais, incluindo as distâncias de segurança especificadas para serem mantidas pelos bombeiros em função da altura da chama. Outros estudos forneceram ferramentas para manter os bombeiros livres de riscos, modelando pontos de gatilho para escapar das rotas (FRYER; DENNIS; COVA, 2013) ou enfatizando a importância dos pontos de ancoragem (ALEXANDER; THORBURN, 2015).

Com todo este histórico, foi abordada nesta monografia a influência de fatores meteorológicos para a propagação de incêndios através do estudo de caso de um incêndio florestal ocorrido na região de São Fidelis, RJ, em setembro de 2019. O estudo concluiu sugerindo a utilização de estações meteorológicas móveis para a coleta de dados instantâneos para dar suporte ao combate de incêndios e principalmente a preservação da vida de combatentes.

## **1.1. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho foi apresentar uma análise meteorológica, com ênfase na direção e intensidade dos ventos, durante a ocorrência de um incêndio, em setembro de 2019, no Parque do Desengano - São Fidélis, RJ.

Os objetivos específicos são:

Realizar um levantamento bibliográfico de incêndios ocorridos em diversas regiões do planeta.

Obter dados meteorológicos do estado do Rio de Janeiro de 03 a 12 de setembro de 2019, período do incêndio no Parque do Desengano.

Analisar a variabilidade da intensidade e da direção dos ventos na região do incêndio florestal de São Fidelis, associando-as com a propagação do fogo e com os riscos para os brigadistas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. INCÊNDIO FLORESTAL

O incêndio Florestal é o resultado de uma combinação de clima e vegetação (que atua como combustível para o fogo). A fonte de ignição do fogo, pode ser um relâmpago, mas na maioria das vezes se deve as influências humanas, principalmente acidentais como utilização de máquinas que produzam faíscas. Dependendo das condições do tempo, as brasas podem ser transportadas pelo vento de um local para outro, causando novos incêndios. Quando são grandes o suficiente, os incêndios florestais podem gerar impactos na condição do tempo local, como raios, tornados e tempestades de incêndio (condições incontroláveis de incêndio, onde este atinge grande proporção), que, por sua vez, podem impactar o comportamento do fogo. O terreno de uma área (ou a paisagem) pode contribuir para a disseminação da queimada. Os fogos queimam mais rapidamente em subidas e podem aumentar a intensidade e a velocidade. Além disso, incêndios que começam em terrenos remotos, acidentados ou montanhosos podem ser difíceis de combater. (ANDERSON; MARCHEZINI, 2019)

### 2.2. COMPORTAMENTO DO FOGO

Os materiais de treinamento para bombeiros (*National Wildfire Coordinating Group*, 2020) ensinam que três fatores ambientais externos afetam incêndios florestais: características da vegetação e do solo, topografia e condições meteorológicas. A vegetação e o solo podem se tornar em combustíveis capazes de entrar em ignição e queimar, existindo em diferentes tamanhos, formas e arranjo no ambiente florestal. A topografia está relacionada à inclinação do terreno, incluindo a orientação em direção ao sol, as barreiras que podem interromper a propagação do fogo, como riachos, arranjos topográficos que produzem movimentação de ar, como gargantas estreitas (SANTOS, 2015). Dos três fatores externos, a mudança mais rápida é a condição do tempo, principalmente fatores como vento, temperatura, umidade relativa e precipitação. Mudanças de vento, trazidas por fenômenos como frentes, ventos descendentes, correntes de ar convectivas, brisa marítima e terrestre e diurnas, bem como ventos de declive podem ser particularmente importantes porque repentinamente podem mudar a direção e o comportamento do fogo.

As propriedades do combustível respondem à precipitação local e variações de temperatura com alta variabilidade espacial. Além disso, há muito que se reconhece que os incêndios “criam seu próprio clima”. O calor e a umidade criados pelo fogo retornam para a

atmosfera, criando ventos intensos que impulsionam o comportamento do fogo, às vezes se sobrepondo ao efeito dos ventos ambientais. Essa imagem em evolução da complexidade e a interação das forças que moldam os incêndios foi introduzida em modelos numéricos. Alguns modelos como *BehavePlus* (ANDREWS, 2008) e *Fire Area Simulator* (FINNEY, 2004) tratam os três fatores ambientais como influências independentes, mas eles não são. As condições do tempo afetam os incêndios com combustível e terreno controlando a umidade do combustível através da precipitação, umidade relativa do ambiente e aumento evaporação causado pelos ventos. Estes fatores complicam o efeito acelerador da propagação do fogo de declives acentuados com acelerações induzidas topograficamente. As condições do tempo (baixa umidade, alta temperatura, longo período de estiagem e ventos fortes com mudanças de direção) e o terreno se combinam para produzir a movimentação do ar. As propriedades do combustível variam com a topografia porque o crescimento da planta varia com a quantidade de água, nutrientes, com a elevação e tipo do solo, ou em relação à iluminação do sol.

Sendo assim, através da análise de dados de incêndios florestais, (CHENEY; GOULD; MCCAWE, 2001) tem-se demonstrado que a velocidade do vento é a variável ambiental que leva às mudanças mais significativas na taxa de propagação e intensidade do fogo. A velocidade do vento se apresenta de tal importância, que alguns estudos realizados, como por PIMONT; ET AL (2017), demonstram que, em alguns casos, a taxa de propagação do fogo pode ser determinada pela análise exploratória da velocidade do vento, explicando assim o progresso do incêndio.

### **2.3. INCÊNDIOS EM DIVERSAS REGIÕES**

A Organização das Nações Unidas (ONU), referindo-se às variações climáticas, informa que, independente das ações para a redução nas emissões de gases de efeito estufa, a taxa de incêndios florestais tende a crescer, lembrando que as mudanças climáticas agem não só em incêndios como em outros desastres naturais. Com esse pensamento efetuaram-se estudos e estes deram origem ao Acordo de Paris em 2016, o qual foi proposto para substituir o protocolo de Kyoto, tendo como finalidade a resposta global às mudanças climáticas a longo prazo, e assim impedir que o crescimento da temperatura global ultrapasse 2° C. Estes protocolos trazem a responsabilidade em reduzir impactos ambientais e impulsionar o desenvolvimento sustentável (FIA, 2020). Porém pouco se tem feito para redução dos efeitos das ações antrópicas no efeito estufa, como foi mencionado pelo secretário geral das Nações Unidas no Fórum Econômico Mundial de Davos em 2019, destacando pela seguinte frase, “caso esta situação não



seja revertida, será uma ‘receita para o desastre’ (ONU NEWS, 2019). Como resposta a esta falta de ações para mitigar os impactos ambientais, o planeta vem apresentando mortes de corais, inundações e cada vez mais incêndios florestais, e o risco maior desta crise climática se reflete em regiões do Mediterrâneo, Canadá e Estados Unidos (DN, 2019a).

Em 2019 ocorreram grandes incêndios ao redor de nossa crosta terrestre. No sul da França, foram 4 mil hectares de floresta incinerada. Na Figura 1, veranistas deixam a praia na região de Bormes-les-Mimosas, costa do Mediterrâneo no sudeste francês, devido a um incêndio florestal numa das regiões mais visitadas da França - (RFI).

Incêndios florestais também marcaram o continente africano. Em Angola ocorreram mais de 6500 incêndios e na República Democrática do Congo, onde foram registrados mais de 3 mil focos de queimadas.

Para os peritos, cerca de 90% dos incêndios ocorrem por imprudência humana. Um exemplo destas imprudências aconteceu nas ilhas Canárias, onde devido uma máquina de solda usada em um local de vegetação rasteira, uma faísca de solda produziu chamas que consumiram mais de mil hectares queimados e milhares de moradores tiveram que deixar suas residências.



Figura 1 –Praia na região de Bormes-les-Mimosas, França – RFI. Anne Christine Poujoulat/AFP – 2019.

Nos EUA ocorreram alguns incêndios marcantes na última década, como o de 2018 na Califórnia, onde se apresentava um cenário de baixa umidade e rajadas de vento, fazendo com que este incêndio se espalhasse em pouco tempo, consumindo com suas chamas cerca de 62 mil hectares. Em agosto de 2013, numa dessas tragédias florestais, além das perdas naturais no

ambiente, perderam a vida dezenove bombeiros em Yarnell, no Arizona. Esta equipe denominada *Granite Mountain Hotshots* iniciou seus trabalhos na manhã de 30 de junho de 2013 (Figura 2). Até outubro de 2018 esta equipe tinha sido a única equipe municipal a fazer parte do esquadrão de elite dos EUA devido a sua grande experiência. A chama deste enorme incêndio consumiu 800 hectares de floresta; (BREWER; HUNT, 2013). Esta tragédia deu origem ao filme “Homens de Coragem”, no qual se demonstra a forma como era feita a indicação da direção do vento, que foi o motivo da perda dessas vidas.



Figura 2 – Foto do esquadrão de elite. El Diario - 2013

Portugal também tem passado por cenários de devastação por este tipo de acidente. Em 2005 foi registrada a perda de 425 mil hectares e 20 pessoas vieram a óbito, e em 2017 ocorreu a perda enorme de 64 pessoas e 46 mil hectares em 6 dias.

Um dos mais críticos incêndios florestais que ocorreu em 2019 foi em solo russo, onde foram devastados 2 milhões de hectares florestais pelas chamas e constatadas várias mudanças na direção do vento. Infelizmente, neste mesmo ano, a Austrália registrou a perda de pelo menos 1 bilhão de animais de sua fauna. Como exemplo a Figura 3 mostra um canguru carbonizado tentando escapar das chamas. Ocorreram 26 mortes de seres humanos num incêndio que atingiu uma extensão maior do que 8 milhões de hectares, devido a um cenário de baixa umidade em um período de seca e temperatura superior a 40°C. A Austrália completava 10 anos dos incêndios conhecidos como “Queimadas do Sábado Negro”, onde ocorreu a perda de mais de 700 casas, 209 australianos mortos e cerca de 400 focos causados pelo homem segundo a perícia da polícia da região. As mudanças constantes da direção do vento somadas à intensidade crescente do vento foram fatores desafiadores em um cenário topográfico como o encontrado

na Austrália (GROSE; ET AL 2014) sugerindo que ele foi responsável pela maioria das armadilhas que ocorreram.



Figura 3 - Canguru carbonizado. Instagram/@bradfleet - 2020



Figura 4 - Ação dos bombeiros, combatendo os incêndios da Queimada do Sábado Negro<sup>1</sup>. BBC – 2009.

Na província de Sichuan, no sudoeste chinês e a uma altitude de 4000 metros, entraram em ação quase 700 bombeiros num incêndio provocado por um relâmpago que atingiu um pinheiro de 18 metros. Este incêndio ceifou a vida de 30 pessoas, dentre elas 27 bombeiros. Foi verificado que este episódio só ocorreu devido a uma mudança de direção do vento acompanhada de uma alta na velocidade deste (DN, 2019b). Na Figura 5a o caminhão do Corpo de bombeiros combatendo a progressão das chamas com utilização de água e em Figura 5b brigadistas fazendo um cordão corta fogo.

---

<sup>1</sup> Fonte: site da BBC - [bbc.com - https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-47193003](https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-47193003).



Figura 5 - Em (a) o caminhão do Corpo de bombeiros e em (b) brigadistas<sup>2</sup>. 1News - 2019

Já no Brasil foi verificado de janeiro a outubro de 2019 uma perda de 45 mil km<sup>2</sup> aproximadamente só na região da floresta Amazônica até 27 de agosto, como demonstrado na Figura 6.

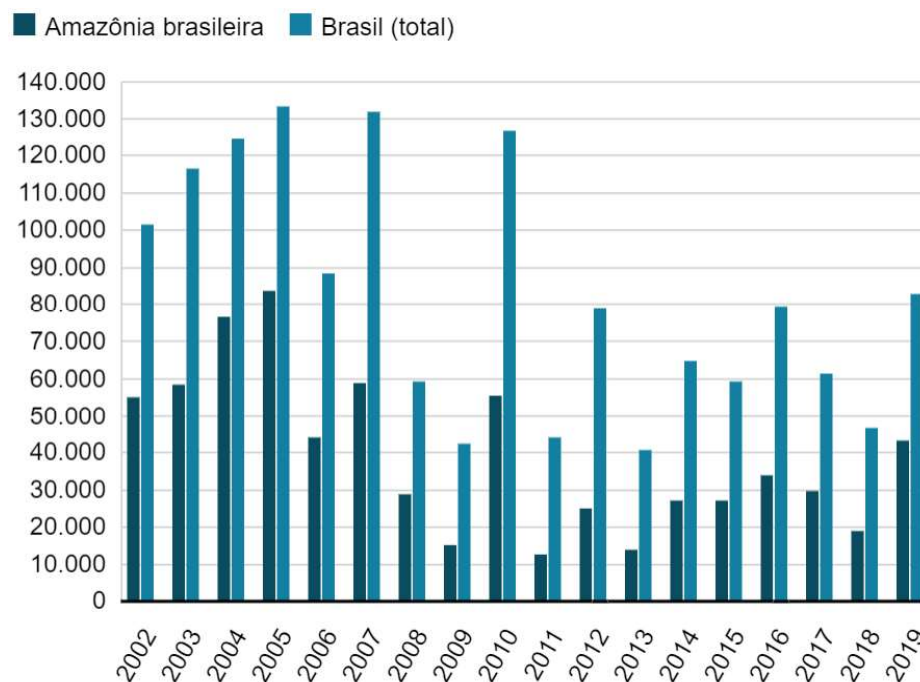


Figura 6 - Número de incêndios no Brasil de 1 de janeiro a 27 de agosto de cada ano. INPE – 2019.

<sup>2</sup> <https://www.1news.com.br/>

## 2.4. ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Uma estação meteorológica pode ser classificada como convencional ou automática. Na estação convencional o observador precisa colher os dados, podendo esta estação ser sinótica ou climatológica. Na estação sinótica, os dados são coletados 3 vezes ao dia, às 9:00, 15:00 e 21:00 horas UTC (UTC é o horário padrão internacional), e estes dados são reportados em códigos sinóticos. Nestes códigos as observações são representadas por 5 dígitos numéricos e esta informação codificada é disseminada para todos os países através da Organização Meteorológica Mundial.

Uma estação automática geralmente irá recolher informações de temperatura, pressão, precipitação, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento e radiação solar, sendo estes dados observacionais transmitidos a cada hora.

Na estação convencional, as informações são coletadas, transformadas em código e em sequência enviadas. Apesar dessas limitações, as estações convencionais, encontradas nos aeroportos, têm grande importância por reportar a nebulosidade e o tempo presente. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mantém uma rede de 573 estações meteorológicas automáticas e 208 convencionais em 769 cidades brasileiras e quatro do Uruguai (FIOROVANTI, 2020).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No cenário brasileiro, não existe um banco de dados de armadilhas ocorridas durante incêndios florestais. Contudo os bombeiros deixam em entrevistas evidências orais ou em relatos escritos sobre estas armadilhas ou comportamentos de alto riscos destes incêndios. Sendo assim foram analisados relatórios, vídeos e estudos fora do perímetro nacional sobre estas armadilhas.

A região de São Fidelis foi selecionada para um estudo de caso por estar localizada na região Norte Fluminense e representar, portanto, interesse regional onde a UENF tem seus dois *campi* universitários. Um dos propósitos centrais da Instituição é a sua contribuição para o crescimento e desenvolvimento da região Norte Fluminense.

#### 3.2. DADOS

O Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo (ECMWF) é uma organização intergovernamental independente, apoiada por 34 estados. Os dados meteorológicos e oceanográficos dos bancos de dados do ECMWF estão totalmente disponíveis para os serviços meteorológicos nacionais dos Estados-Membros europeus, mas podem ser acessados por pesquisadores de qualquer parte do mundo sem custos ou quaisquer restrições, exceto a identificação pessoal. Para que estes dados sejam gerados e armazenados, o ECMWF se utiliza de supercomputadores, sendo uma das maiores do tipo no mundo e por isso referência na área.

A estrutura do ECMWF foi criada em 1975 e atua em cooperação com a Organização Europeia para a Exploração de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT). Sua sede se encontra no Reino Unido, onde são armazenadas as informações meteorológicas e oceanográficas e se produzem previsões operacionais e análises climáticas. (ECMWF, 2020).

Denomina-se reanálise ao banco de dados meteorológicos e oceanográficos, armazenados e disponibilizados após um minucioso controle de qualidade. O ECMWF disponibilizou recentemente uma reanálise, denomina ERA-5, que segue o “estado da arte” em termos de processamento de dados ambientais (ECMWF, 2020).

Para realizar este estudo, informações jornalísticas sobre o incêndio ocorrido em São Fidelis, no período 3 a 12 de setembro foram apuradas e coletados dados meteorológicos deste mesmo período, obtidos da reanálise ERA-5 do ECMWF. Uma atenção especial foi dada para

as informações de direção e intensidade do vento. Estes dados apresentam o vetor médio horário do vento (intensidade e direção) em área ampla a 10 metros acima do solo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. BIOMA MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica concentra 10,8% dos focos de incêndios no Brasil, e é o bioma principal do Rio de Janeiro. Não só a área municipal de São Fidélis quanto todo o estado do Rio de Janeiro, está completamente inserido na Mata Atlântica. Com ecossistemas como restingas, manguezais, campos de altitude e um grande conjunto de formações florestais, o bioma é um dos mais ricos do mundo em biodiversidade.

A região de floresta da “Cidade Poema” é de Mata Atlântica e banhada pelo Rio Paraíba do Sul e por dois afluentes, o Dois Rios e o Rio do Colégio, sendo que parte desta vegetação é protegida pelo Parque Estadual do Desengano.

Os incêndios na Mata Atlântica causam muitos impactos na biodiversidade, mas por ser muito menor do que da Amazônia, não têm a mesma relevância para as mudanças climáticas. Neste trabalho foi realizada uma análise de dados meteorológicos durante um período de incêndio ocorrido em São Fidelis, próximo ao parque do Desengano, região de Mata Atlântica.

Em outubro de 2018, cerca de 500 hectares de uma reserva de Mata Atlântica, foram destruídos em um incêndio criminoso, no Vale do Jequitinhonha mais precisamente, na reserva da “Mata Escura”. Com o fogo, várias nascentes de água ficaram comprometidas. Espécies de animais e até exemplares de pau brasil correram risco de desaparecer. A Reserva Biológica da Mata Escura foi criada para a preservação de espécies animais em risco de extinção. Os primatas barbado-vermelho, o miquiqui-do-norte e o macaco-prego-do-peito-amarelo só existem nesta região. Em 2019, a Mata Atlântica foi atingida por outros incêndios, dois deles ocorridos em janeiro, e que destruíram áreas de mata na Prainha e no elevado do Joá, na zona oeste do Município do Rio de Janeiro. O incêndio em São Fidelis ocorreu em setembro de 2019.

A população rural do norte do estado do Rio de Janeiro, como acontece em inúmeras outras áreas rurais do Brasil, vem promovendo alterações ambientais, muitas vezes para limpar o pasto para o gado, mas que afetam inclusive a dinâmica da água e causam o assoreamento dos rios e escassez de água. Estas interferências do homem na vegetação, associadas a períodos de baixa umidade do ar, temperaturas mais elevadas e ventos com velocidades crescentes, podem se combinar e levar à maior frequência e intensidade dos incêndios florestais.



## 4.2. MUNICÍPIO DE SÃO FIDELIS

O município de São Fidelis está situado no norte do estado do Rio de Janeiro, a 97 metros de altitude e tendo como coordenadas geográficas latitudes: 21° 38' 35" Sul e longitude: 41° 45' 28" Oeste. Em perímetros de mais dois quilômetros, as informações da topografia podem apresentar variações muito significativas de altitude, como apresentadas pelo *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, podendo ter variações extremas superiores a 1500 metros. Contudo, dentro do perímetro de São Fidelis, a altitude média acima do nível do mar fica em torno de 70 metros.

A cidade de São Fidelis tem densidade demográfica de aproximadamente 37,5 habitantes por km<sup>2</sup> e a sua superfície é de 103.156 hectares ou 1.031,56 km<sup>2</sup>. O município possui um clima tropical com estação seca de março a outubro. As temperaturas variam em torno de uma média de 16°C nos meses mais frios, sendo que raramente atingem temperaturas abaixo de 12°C. Na estação quente, as temperaturas chegam em média aos 33°C, raramente atingindo temperaturas acima de 38 °C. Nesta região, período de julho a setembro é o de menor umidade, mas durante o ano ocorrem variações sazonais extremas na sensação na umidade. Os ventos na região apresentam duas fases: de janeiro a julho são mais calmos, mas de agosto a dezembro ocorrem com frequência ventos acima de 12 quilômetros por hora, ou 3,3 metros por segundo.

A Figura 7 apresenta médias das temperaturas máximas na região de São Fidelis, no período 1981 a 2019, com dados extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

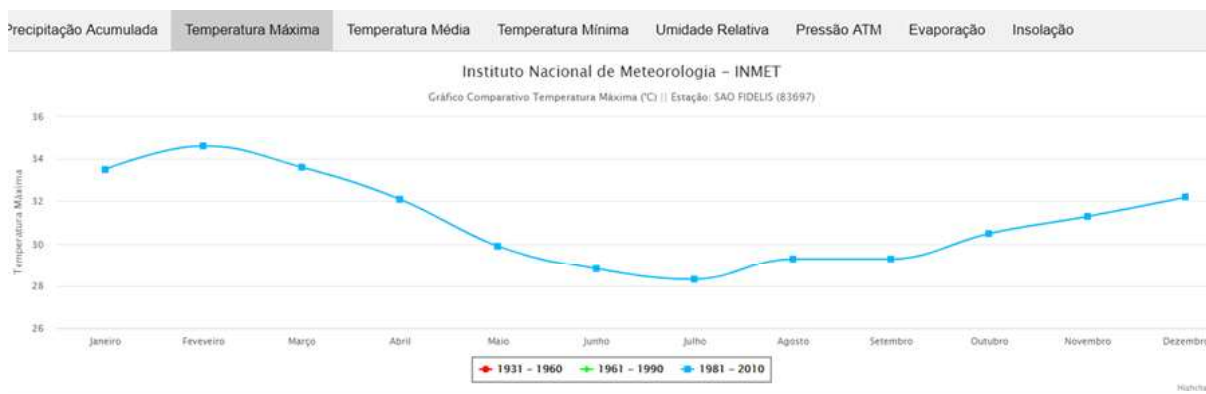


Figura 7 – Informação das médias das temperaturas máximas no decorrer dos meses de 1981 a 2019<sup>3</sup>. INMET - 2019

<sup>3</sup> Fonte: INMET - <https://clima.inmet.gov.br/temp>

Foram analisados dados diários da velocidade do vento no período 3 a 12 de setembro de 2019. O horário do dia com ventos mais fortes é por volta das 16:30 h, com 19,8 km/h, ou 5,5 m/s. A velocidade média dos ventos permaneceu quase sempre entre 16,3 e 23,7 km/h, ou entre 4,5 e 6,6 m/s. Raramente são observadas velocidades abaixo de 10,7 km/h (3,0 m/s) ou acima de 27,0 km/h (7,5 m/s). Duas figuras ilustrativas, referentes aos dias 8 e 12 de setembro, são apresentadas na Figura 8 e 9, respectivamente.

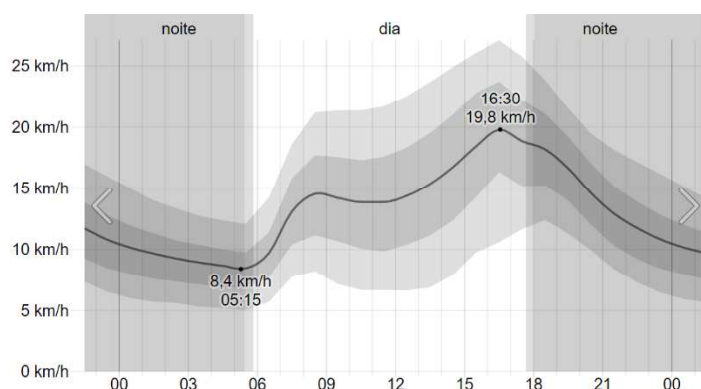


Figura 8 - Velocidade do vento no dia 08 de setembro de 2019 em São Fidélis. weatherspark.com - 2019

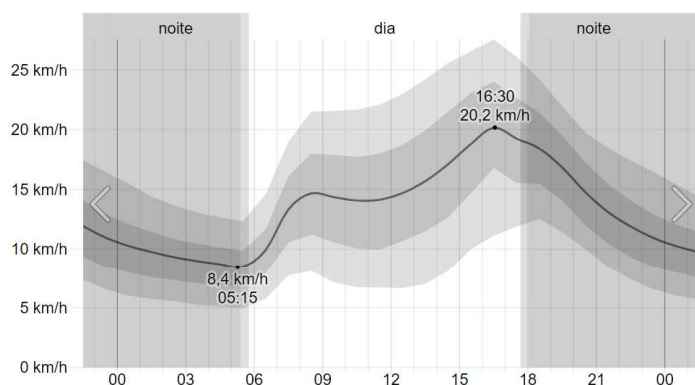


Figura 9 - Velocidade do vento no dia 12 de setembro de 2019 em São Fidélis. weatherspark.com -2019

A velocidade média horária do vento em São Fidélis em 12 de setembro de 2019 variou ao longo do dia, com média diária de 13,6 km/h (3,8 m/s). O horário do dia com ventos mais fortes foi por volta das 16:30h, com 20,2 km/h (5,6 m/s) de velocidade média horária dos ventos, permanecendo quase sempre entre 16,8 km/h (4,7 m/s) e 23,9 km/h (6,6 m/s), raramente abaixo de 11,2 km/h (3,1 m/s) ou acima de 27,5 km/h (7,6 m/s).

A Figura 10 apresenta as variações de temperatura entre os dias 5 e 13 de setembro de 2019, período do incêndio estudado, sempre medida às 22 horas. Estão sendo apresentados destaques para o dia 8 de setembro, quando a temperatura máxima foi de 30,4° C, e no dia 12 de setembro quando se observou a temperatura máxima de 37,9° C<sup>4</sup>.

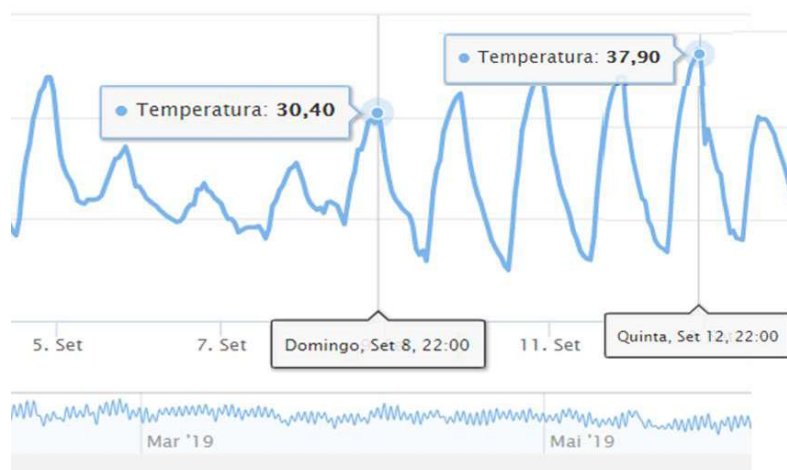


Figura 10 - Variações de Temperatura em São Fidélis de 5 a 13 de setembro de 2019. weatherspark.com – 2019.

Como se pode observar na Figura 10, São Fidélis fica localizada entre a região Norte e Noroeste Fluminense e os Municípios vizinhos estão identificados com pontos vermelhos, enquanto os pontos laranja identificam as estações meteorológicas mais próximas.



Figura 11 – Localização de São Fidélis, Campos dos Goytacazes e Macaé, municípios onde estão as estações meteorológicas mais próximas<sup>4</sup>. weatherspark.com - 2019

<sup>4</sup> Fonte: site <https://pt.weatherspark.com/>

As duas estações mais próximas estão localizadas no aeroporto do município de Campos dos Goytacazes e no município de Macaé. A Figura 12 mostra o período de armazenamento de dados destas duas estações, Campos dos Goytacazes desde 1974 e Macaé desde 2009. Observamos que Campos dos Goytacazes está 46 km a leste de São Fidélis e Macaé a 78 km ao sul.

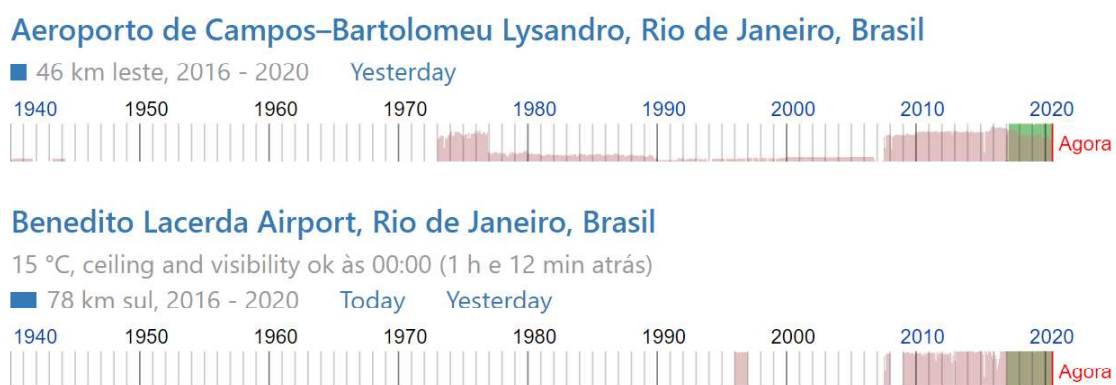


Figura 12 - Demonstra a distância da estação de Campos e Macaé em relação ao município de São Fidélis. Weather Spark – 2019.

A idade geológica da região de São Fidélis é de mais de 600 milhões de anos. As maiores elevações situam-se pela margem direita do rio Paraíba do Sul, onde a Serra do Mar rebaixa-se abruptamente e permite a passagem deste rio. Na margem esquerda, as elevações são modestas, encontrando a Serra do Sapateiro e o Morro Peito de Moça. O terreno possui um declive em direção a Campos até Itereré. Na margem esquerda do rio existem terras muito desgastadas pela ação das intempéries e solos autóctones empobrecidos por usos predatórios (BOLDRINI; PETRUCCI, 1985). Na margem esquerda do Paraíba do Sul, encontra-se o maciço da Mantiqueira, onde as baixas altitudes não retêm satisfatoriamente as nuvens sopradas do mar pelos ventos. O resultado é uma adaptação da Mata Atlântica a um período com déficit hídrico na estação seca e falta de chuvas e perda de 20 a 50% de suas folhas, tornando a região propícia para incêndios. Nesta região de Mata Atlântica encontra-se o Parque Estadual do Desengano.

O Parque Estadual do Desengano é a mais antiga Unidade de Conservação estadual no Rio de Janeiro. É o último remanescente florestal de grande extensão do Norte Fluminense, compreendendo os municípios de Santa Maria Madalena, Campos dos Goytacazes e São Fidélis. No parque é encontrado uma imensa variedade de plantas e animais nativos da Mata Atlântica, muitos ameaçados, como o miquiqui-do-norte, maior primata das Américas. Possui

alta biodiversidade com cerca de 493 espécies animais. Muitas espécies estão ameaçadas de extinção, como jacutinga, macuco, gavião-pombo, gavião-pato, e outras como jacu, inhambu, araponga, gavião-pega-macaco e papagaio-chauá, que só remanescem nas áreas protegidas (SOFFIATI, 2004).

Grande parte do ano de 2019 foi marcada por estiagem, com chuvas abaixo da média e vários hectares destruídos por incêndios de grande extensão. Em setembro de 2019, um incêndio de 8 a 13, comprometeu uma Área de Preservação Ambiental (APA) do Rio do Colégio, na região de amortecimento do Parque Estadual do Desengano. Neste período, o incêndio iniciado em uma área de preservação particular denominada São Benedito, devastou cerca de 13 hectares de Mata Atlântica, e não teve um quadro mais desastroso porque para lá foram deslocados 70 militares do Corpo de Bombeiros e do Grupamento de Salvamento Florestal e Meio Ambiente. Este incêndio ocorreu num dia com temperatura de 37° C e ventos de 14 km/h (3,9 m/s), com mudanças de direção do vento e num terreno de difícil acesso.

Por se tratar de um período de seca, outros focos de incêndio foram detectados em regiões próximas após o combate do incêndio em São Fidélis no dia 13 de setembro de 2019. No dia 16 de setembro, iniciou em Santa Maria Madalena uma ignição que gerou a incineração de 172 hectares. (RODRIGUES, 2019).

Dados das condições meteorológicas foram avaliados no período de 3 a 12 de setembro de 2019, com o propósito de estabelecer correlações com o período do incêndio, buscando relações entre a intensidade e direção dos ventos e a propagação do incêndio na região de São Fidélis. A Figura 13 mostra imagens associadas a este incêndio.



Figura 13 - Ação do corpo de bombeiro no dia 13 de setembro de 2019, para o combate ao incêndio florestal. Site sfnoticias.com.br<sup>5</sup> - 2019.

A seguir serão apresentadas as condições do vento e sua variabilidade no Norte Fluminense antes, durante e depois do período crítico dos incêndios florestais que ocorreram em São Fidelis na primeira quinzena de setembro de 2019, sendo esta análise dos ventos regionais feita com dados da Reanálise ERA-5 do ECMWF. A Figura 14 mostra o comportamento da componente zonal (oeste-leste) do vento em São Fidélis no período 3 a 12 de setembro de 2019. Na Figura 15 observa-se a componente meridional (sul-norte) do vento na mesma localidade.

---

<sup>5</sup> <https://sfnoticias.com.br/apos-grande-incendio-em-area-de-preservacao-sao-fidelis-registra-novos-focos>

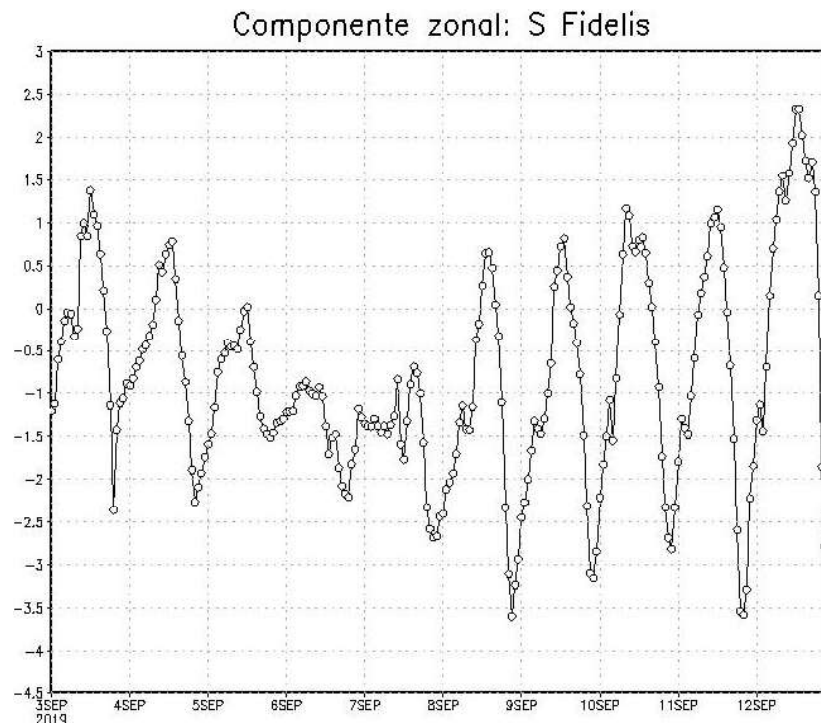


Figura 14 - Componente zonal (u) do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

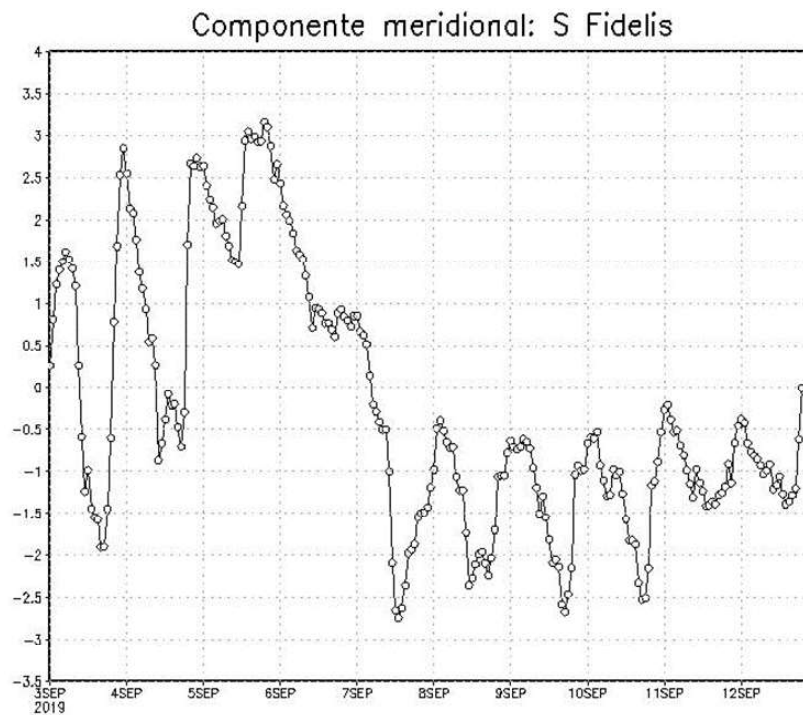


Figura 15 - Componente meridional (v) do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

Através da variabilidade do vento mostrada nestas figuras, é possível perceber o ciclo diurno local, provavelmente associado à brisa de montanha/vale, uma vez que São Fidelis, por sua distância da costa, não deve receber influência da brisa marítima. Contudo, o aspecto mais relevante é facilmente percebido observando-se o comportamento do vento antes e depois do dia 6 de setembro de 2019, sendo esta distinção mais evidente na componente meridional mostrada na Figura 15. Enquanto antes do dia 6 os ventos tinham componente meridional oscilante, inclusive com alguns períodos de vento de sul ( $v > 0$ ), depois do dia 6 esta componente passa a oscilar com valores negativos, isto é, soprando no local com componente de norte.

A seguir, os ventos horários em São Fidelis são representados através de séries temporais da direção do vento na Figura 16 e de sua intensidade na Figura 17, como reportados na Reanálise ERA-5 do ECMWF.

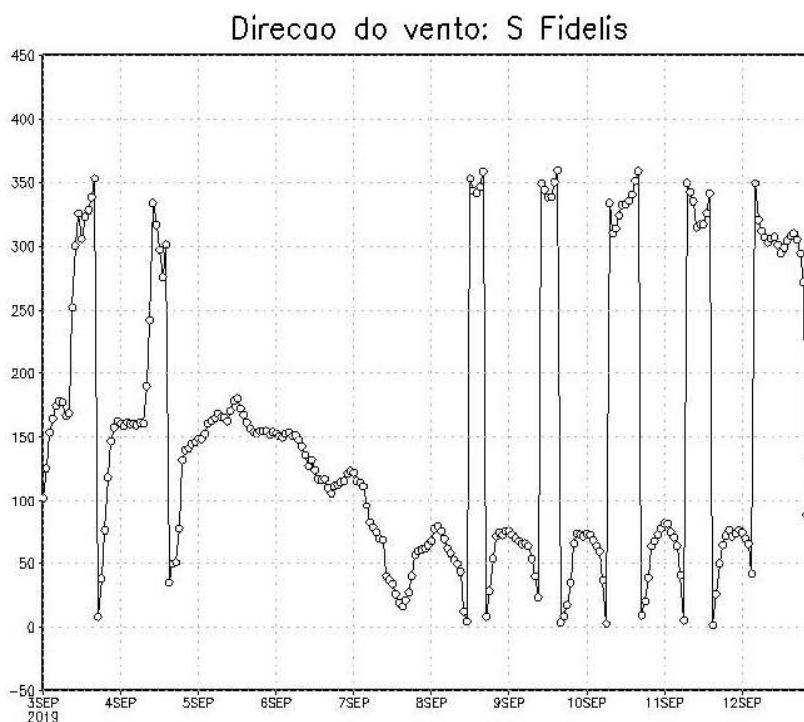


Figura 16 - Direção do vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.



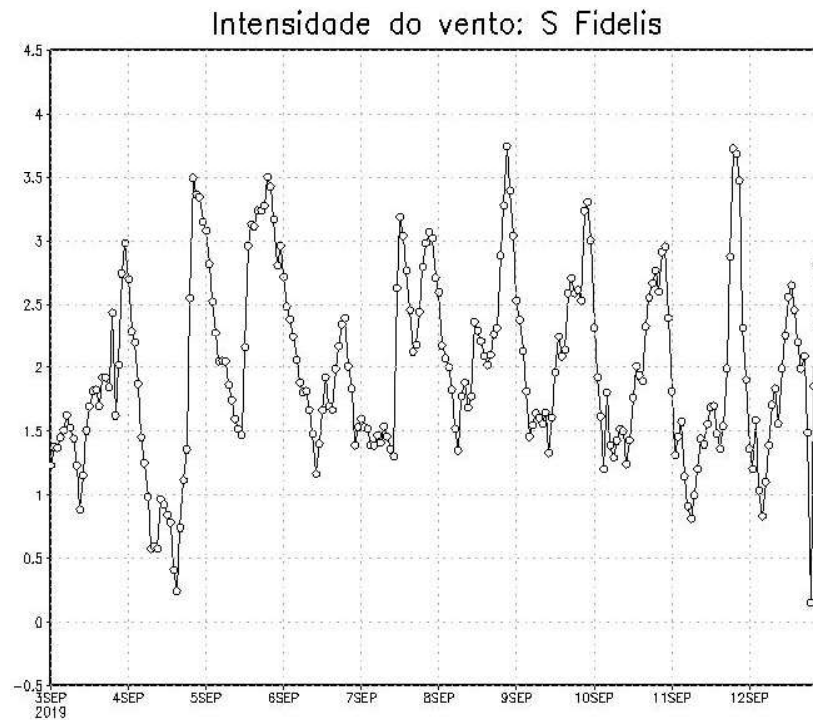


Figura 17 - Intensidade do Vento em São Fidelis, no período de 3 a 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

Estas duas figuras confirmam o que havia sido visto nas Figuras 14 e 15, isto é, no dia 6 de setembro se observa uma mudança na direção do vento na localidade onde ocorriam os incêndios florestais, além da intensificação do vento. Certamente, tanto a virada do vento quanto a sua intensificação, representam grande perigo no trabalho dos bombeiros.

A seguir, da Figura 18 à 20 Figura 20, é representado o vetor vento na localidade de São Fidelis, reportado pela reanálise do ECMWF no período 3 e 12 de setembro de 2019.

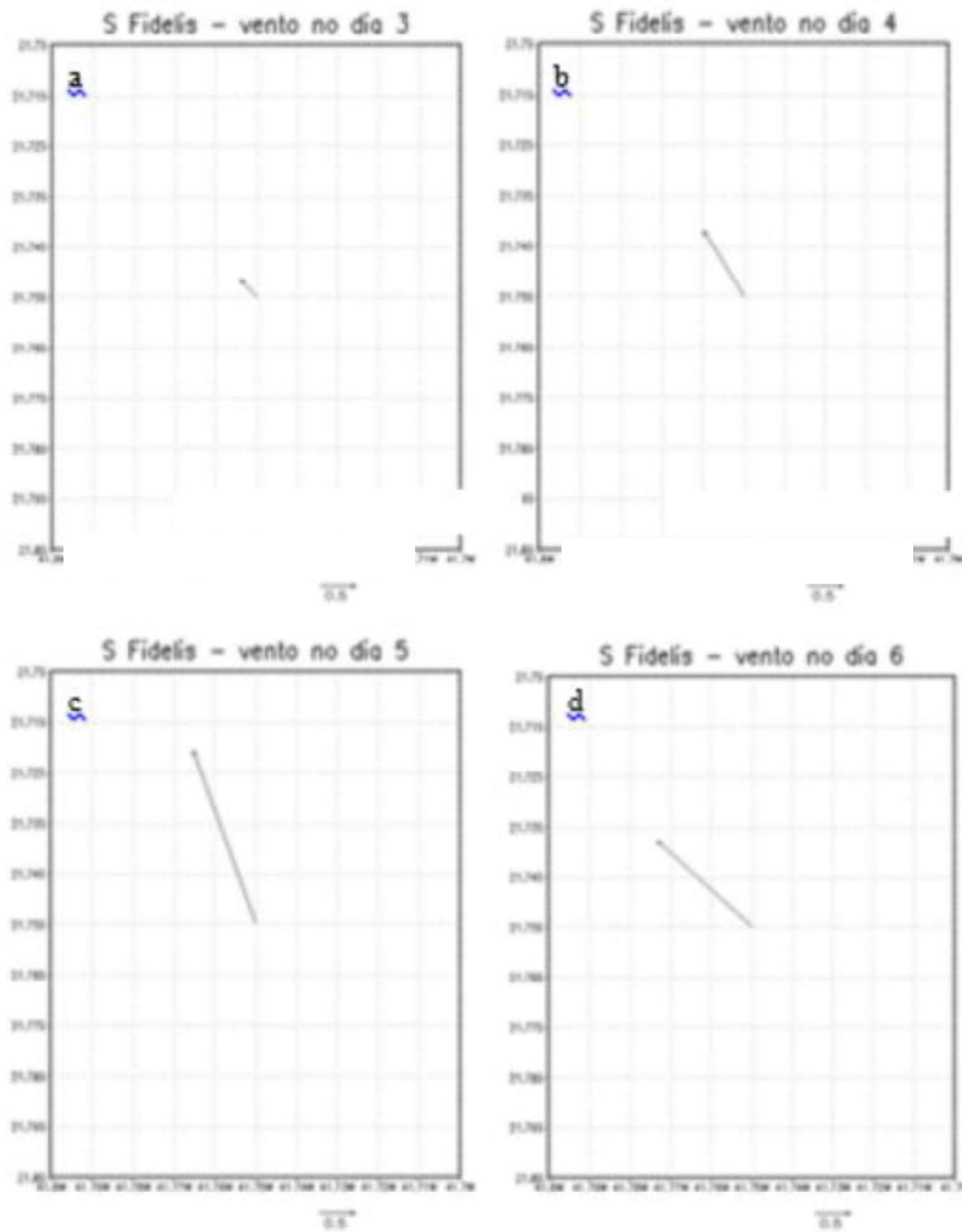


Figura 18 - Representação do vento local, em São Fidelis, no período de 3 a 6 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

Vê-se que, neste período representado pela Figura 18, entre os dias 3 e 6 de setembro de 2019, o vento se intensifica, mas ainda não mudou significativamente de direção.

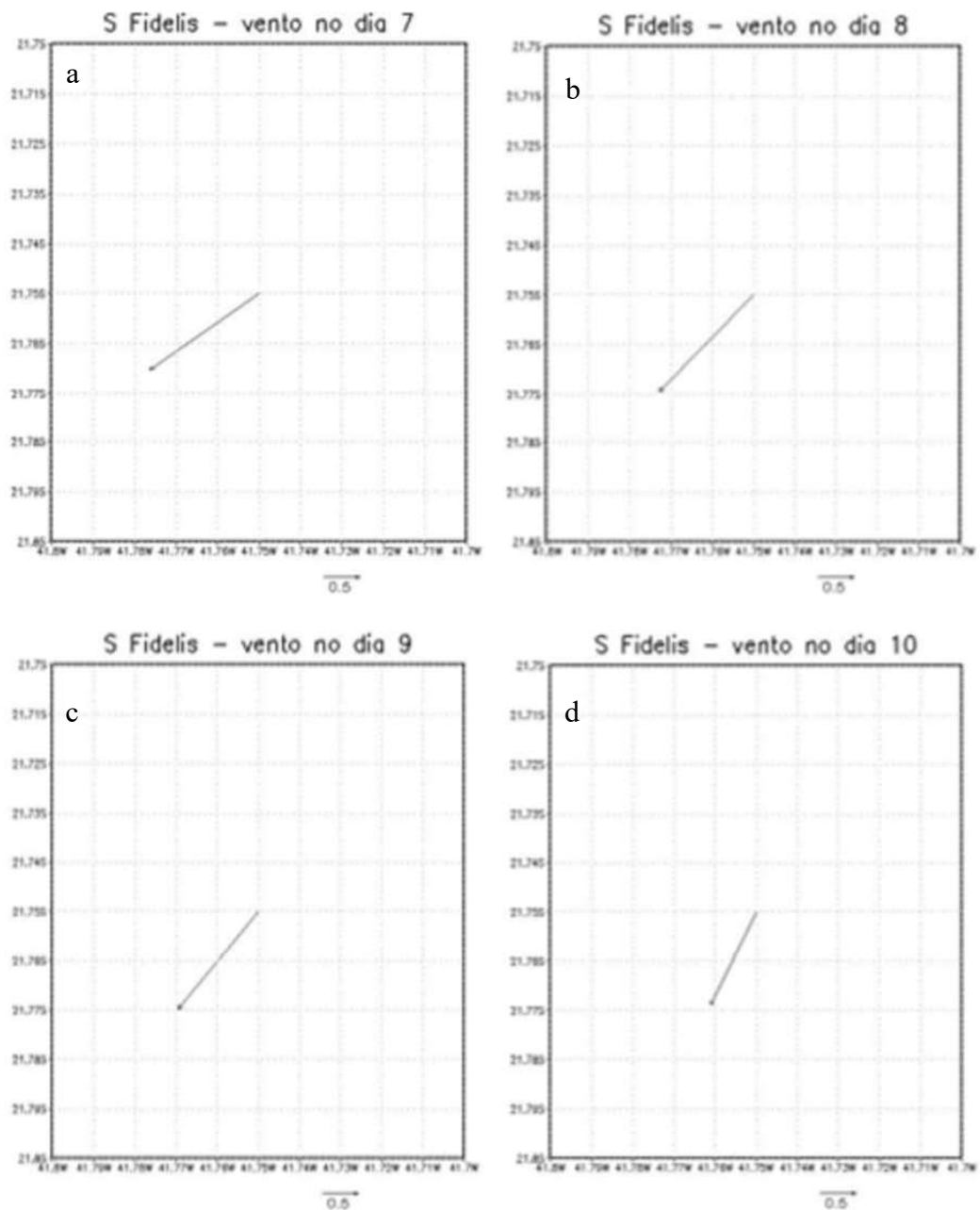


Figura 19 - Representação do vento local, em São Fidelis, no período de 7 a 10 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

No dia 8 de setembro foi informado ao corpo de bombeiro que foram avistados focos de incêndio na região de Sebastião, no período em que ocorria a mudança de direção do vento.

Como se vê nas figuras acima, a partir do dia 7 a direção do vento em São Fidelis muda completamente, com componentes de norte, o que deve ter sido decisivo nas dificuldades encontradas pelos bombeiros em sua atuação diante do incêndio florestal ora sob análise.

No dia 11 de setembro de 2019, o vento apresenta sentido NE. No entanto, no dia 12 de setembro se observa uma mudança do vento para a direção Noroeste (NO), como visto na Figura 20a e Figura 20b.

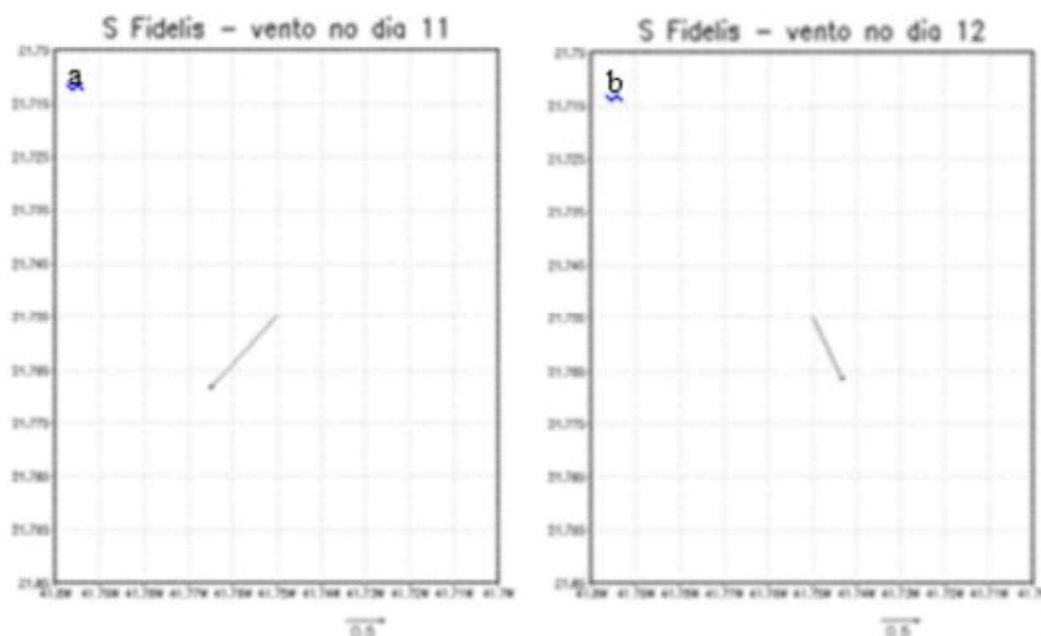


Figura 20 – Representação do vento local, em São Fidelis, entre 11 e 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF – 2019.

Nos dias 11 e 12 de setembro de 2019, o vento continua se apresentando com componente de norte (N), de nordeste (NE) no dia 11 e de noroeste (NO) no dia 12. No dia 11 de setembro de 2019, segundo relatos jornalísticos, o incêndio de São Fidelis, estava praticamente controlado. No entanto, com a mudança na direção do vento, por pouco não ocorreu a perda de um bombeiro que tentava conter o aumento das chamas.

Da Figura 21 à Figura 30 a seguir, apresentam-se o campo do vento em uma ampla região em torno da área de interesse, que é São Fidelis. Desse modo fica facilitado o entendimento dos fatores de macroescala e de mesoescala que influíram no comportamento do vento nos dias que antecederam e após a virada do vento que trouxe ricos ao trabalho de contenção e apagamento do incêndio florestal ora em estudo.

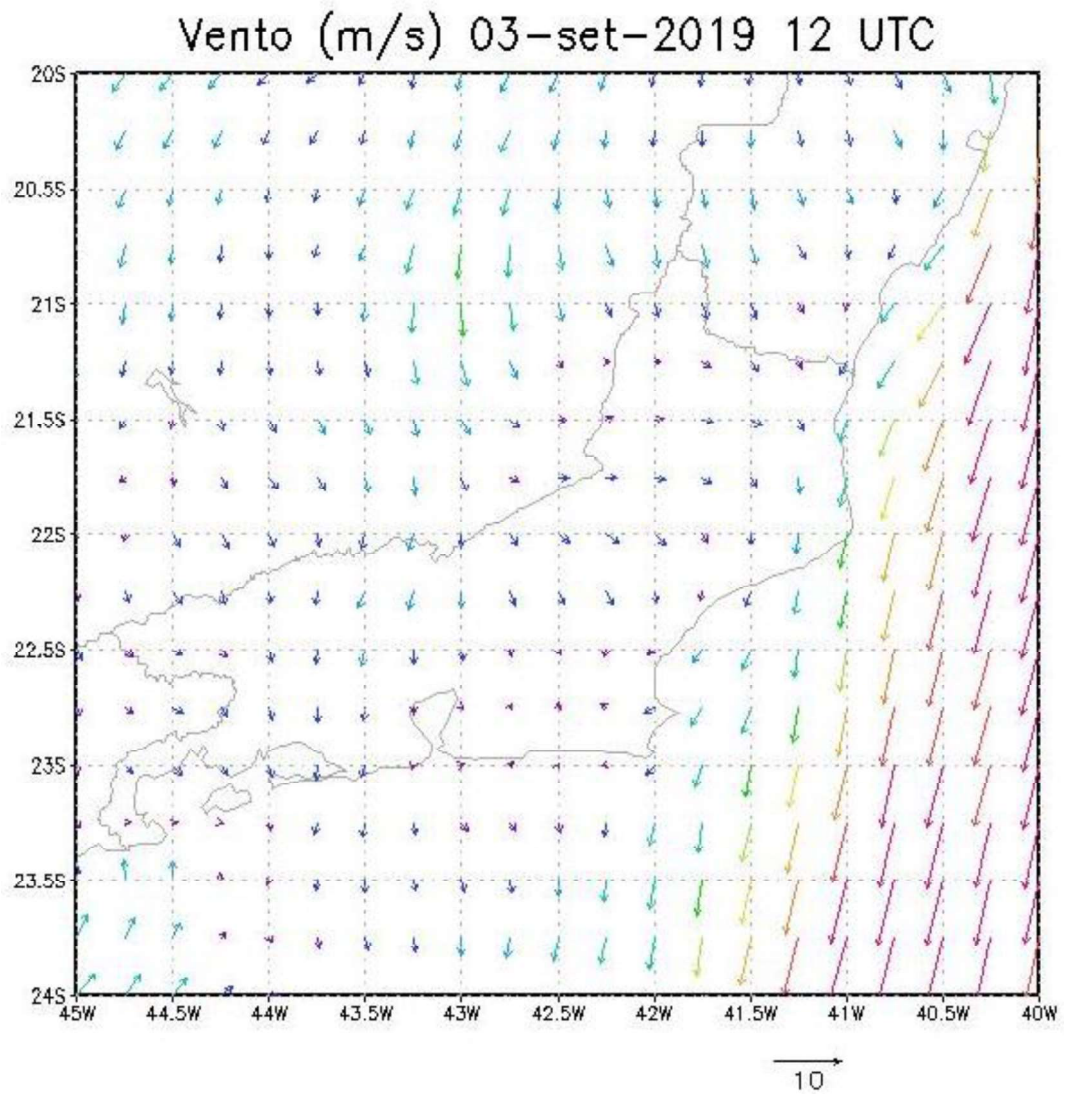


Figura 21 - Campo do vento (m/s) regional no dia 3 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

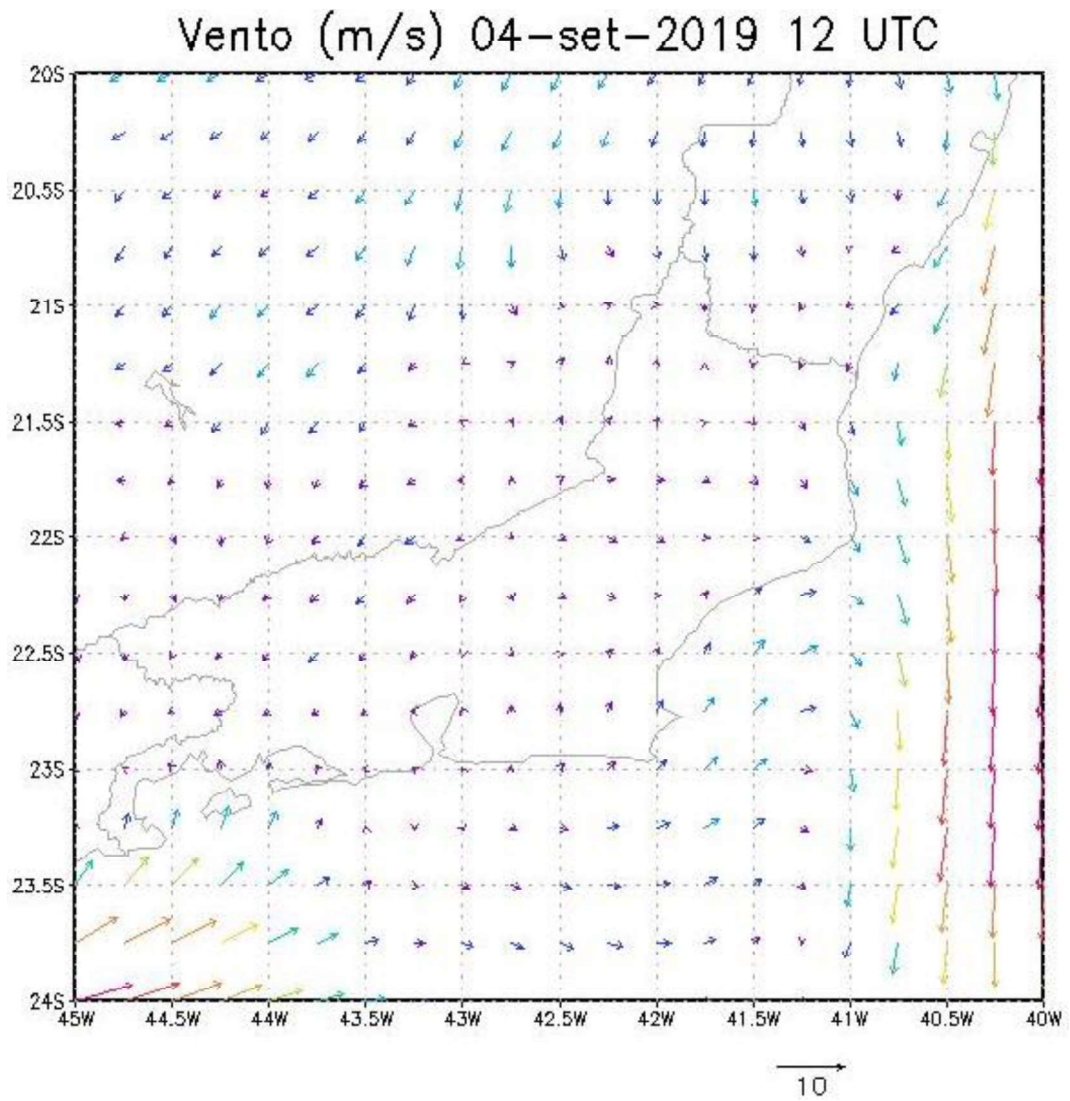


Figura 22 - Campo do vento (m/s) regional no dia 4 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

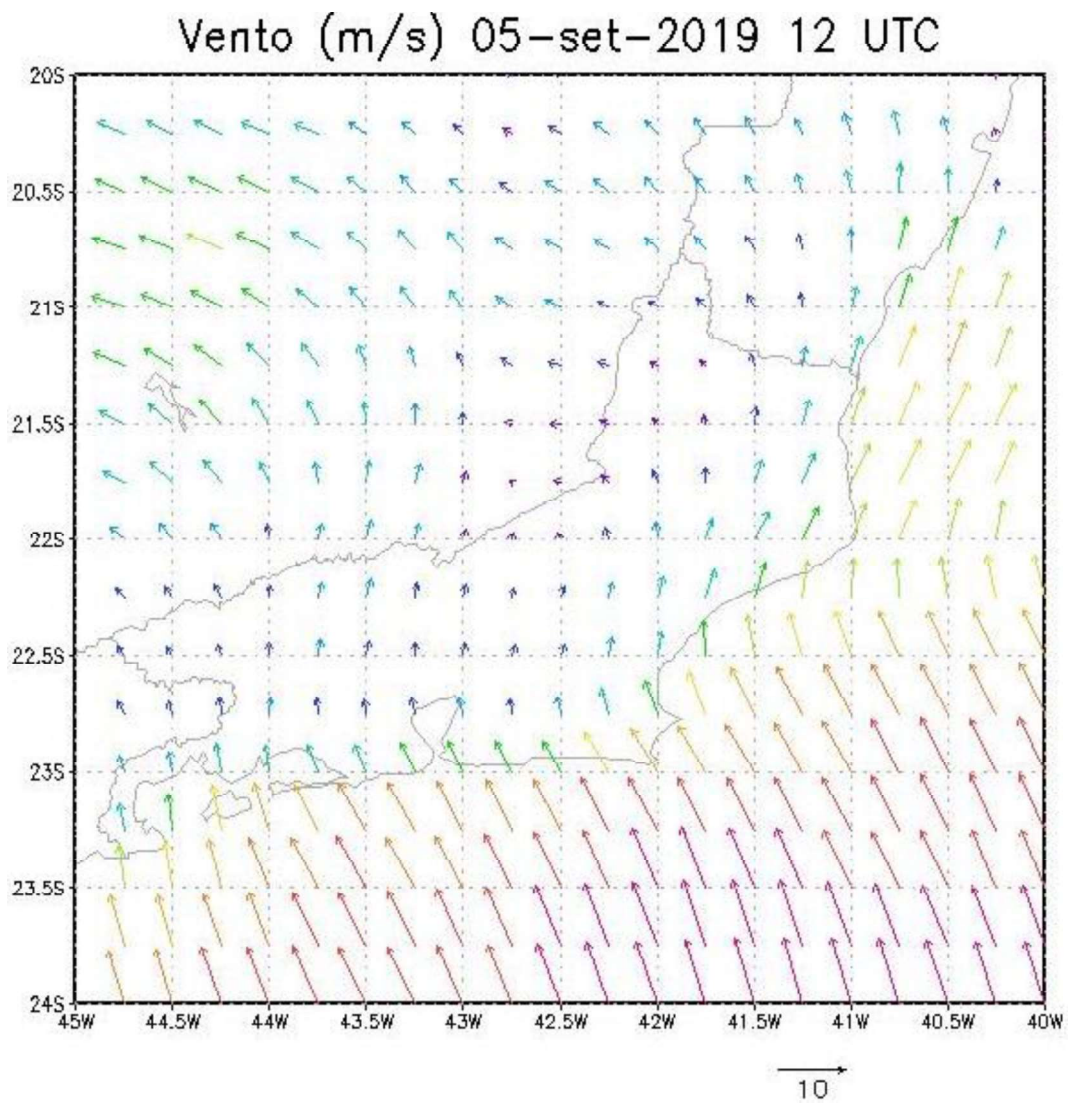


Figura 23 - Campo do vento (m/s) regional no dia 5 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

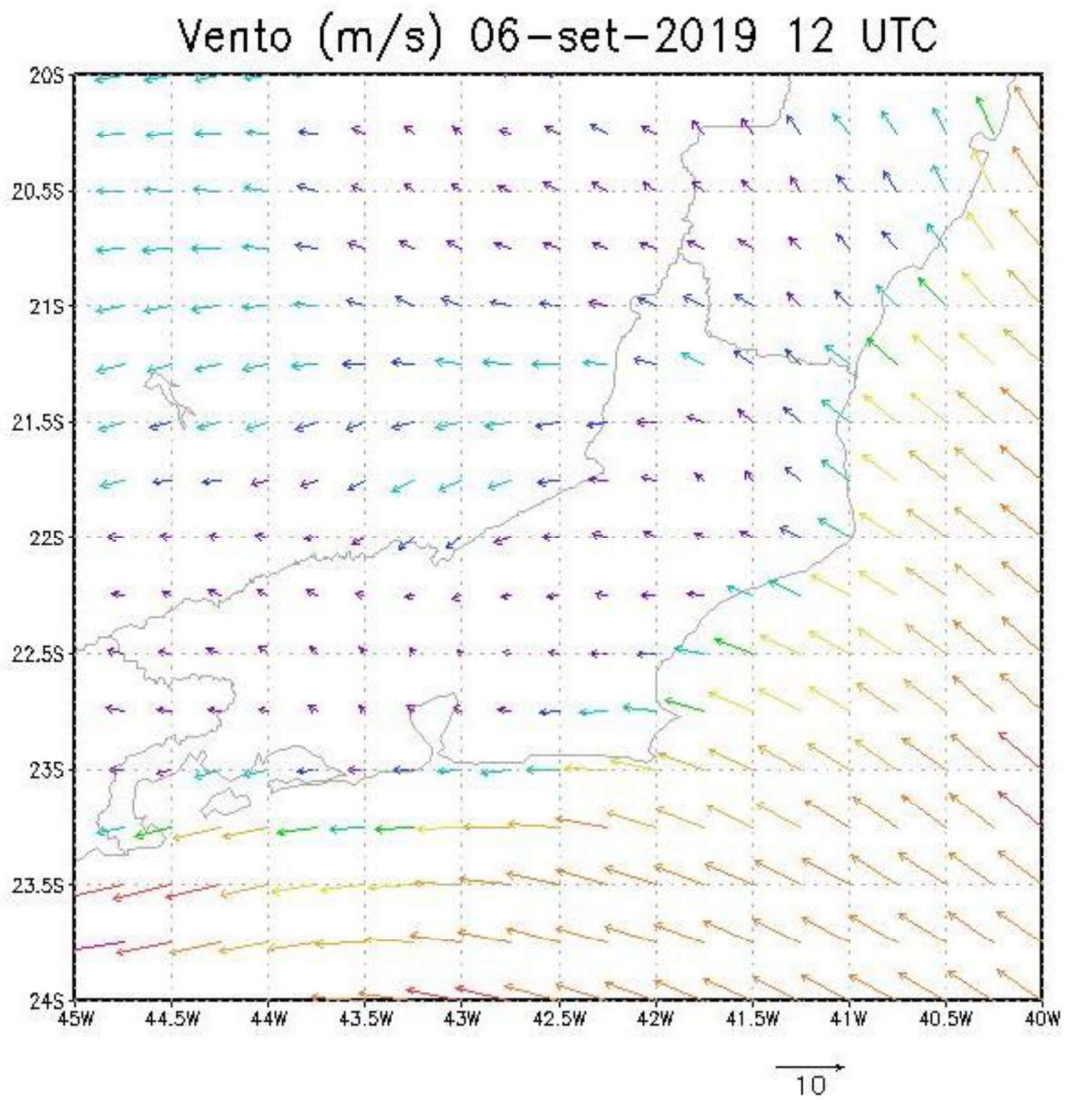


Figura 24 - Campo do vento (m/s) regional no dia 6 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.



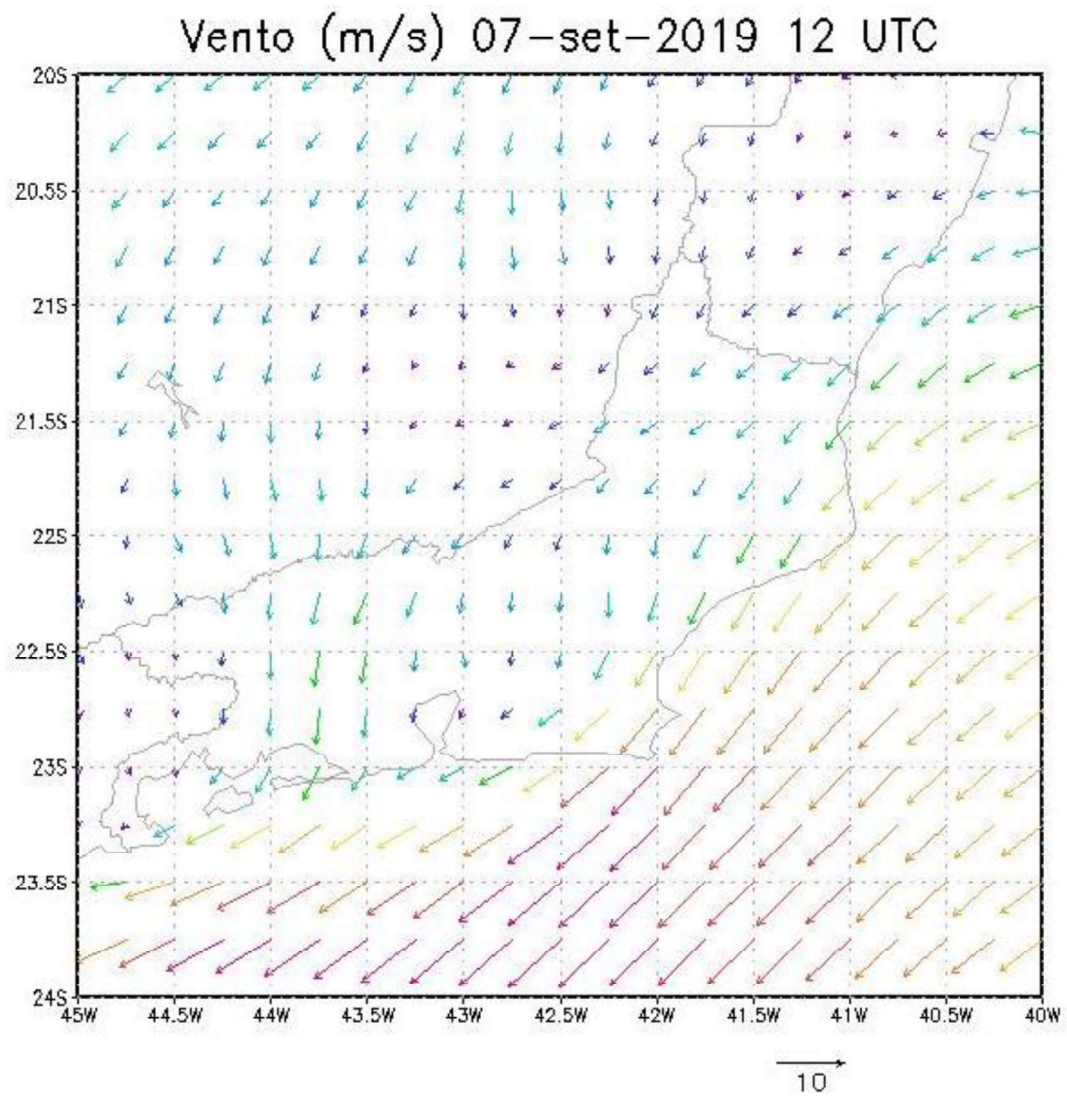


Figura 25 - Campo do vento (m/s) regional no dia 7 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

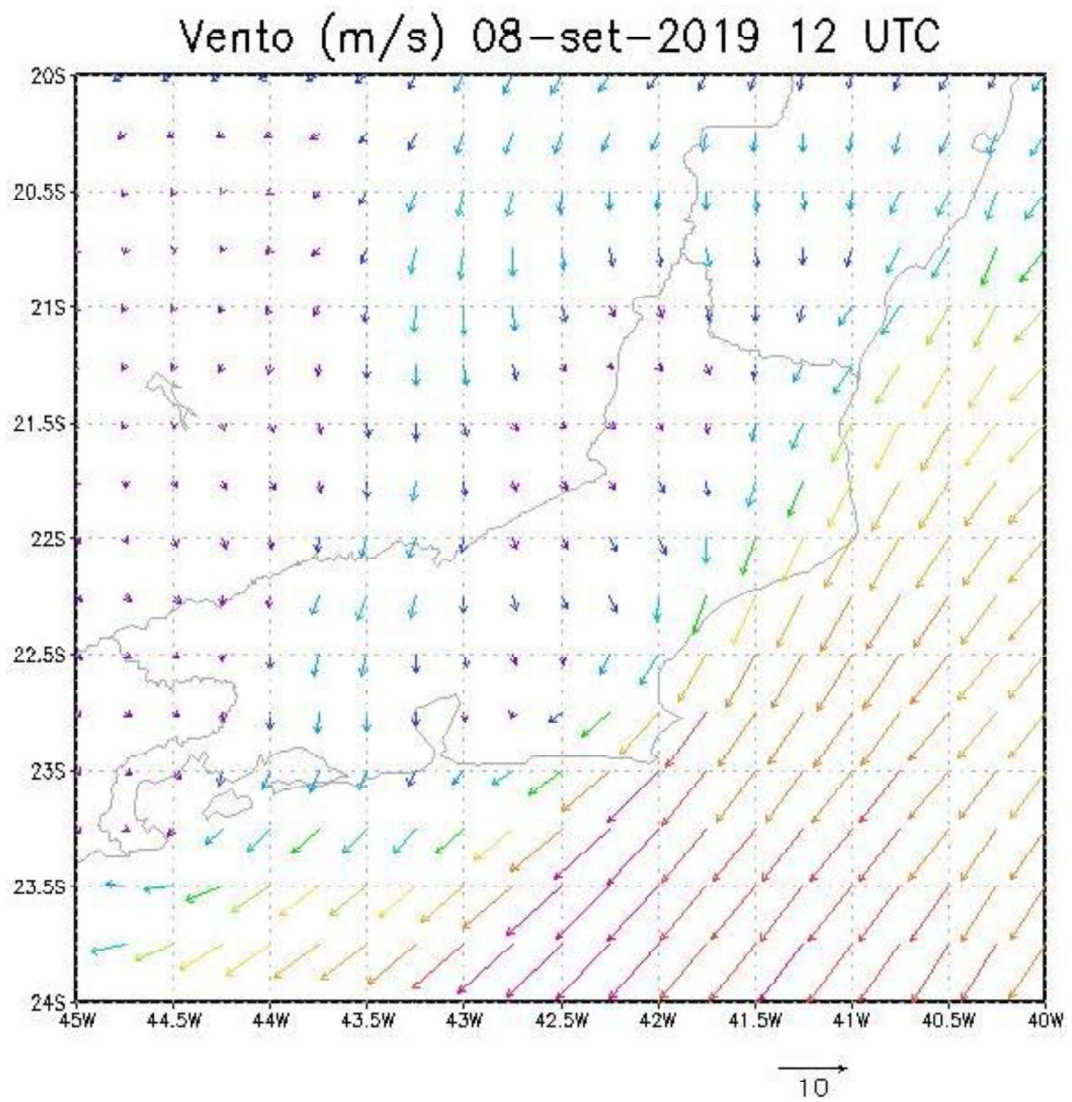


Figura 26 - Campo do vento (m/s) regional no dia 8 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

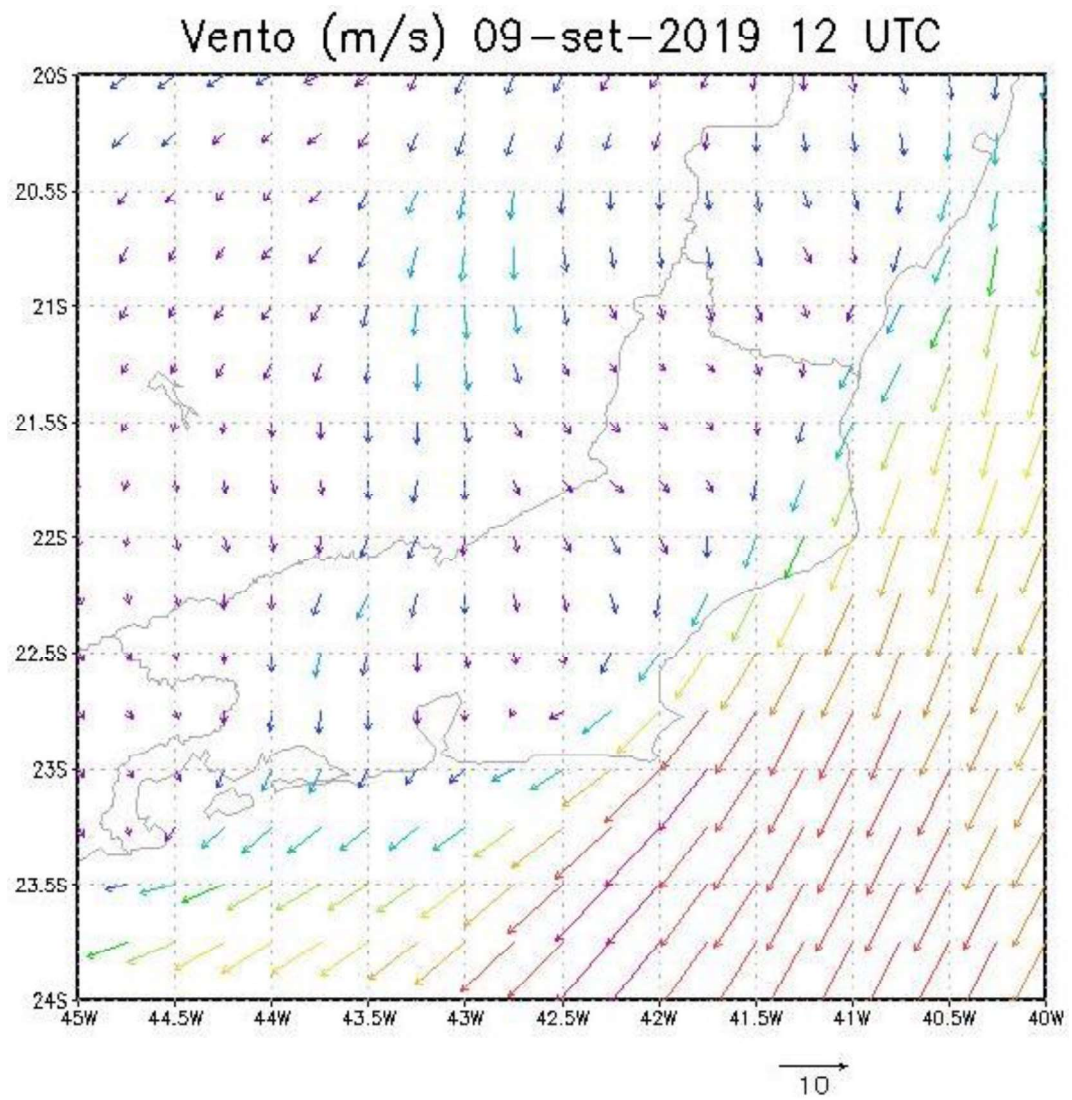


Figura 27 - Campo do vento (m/s) regional no dia 9 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

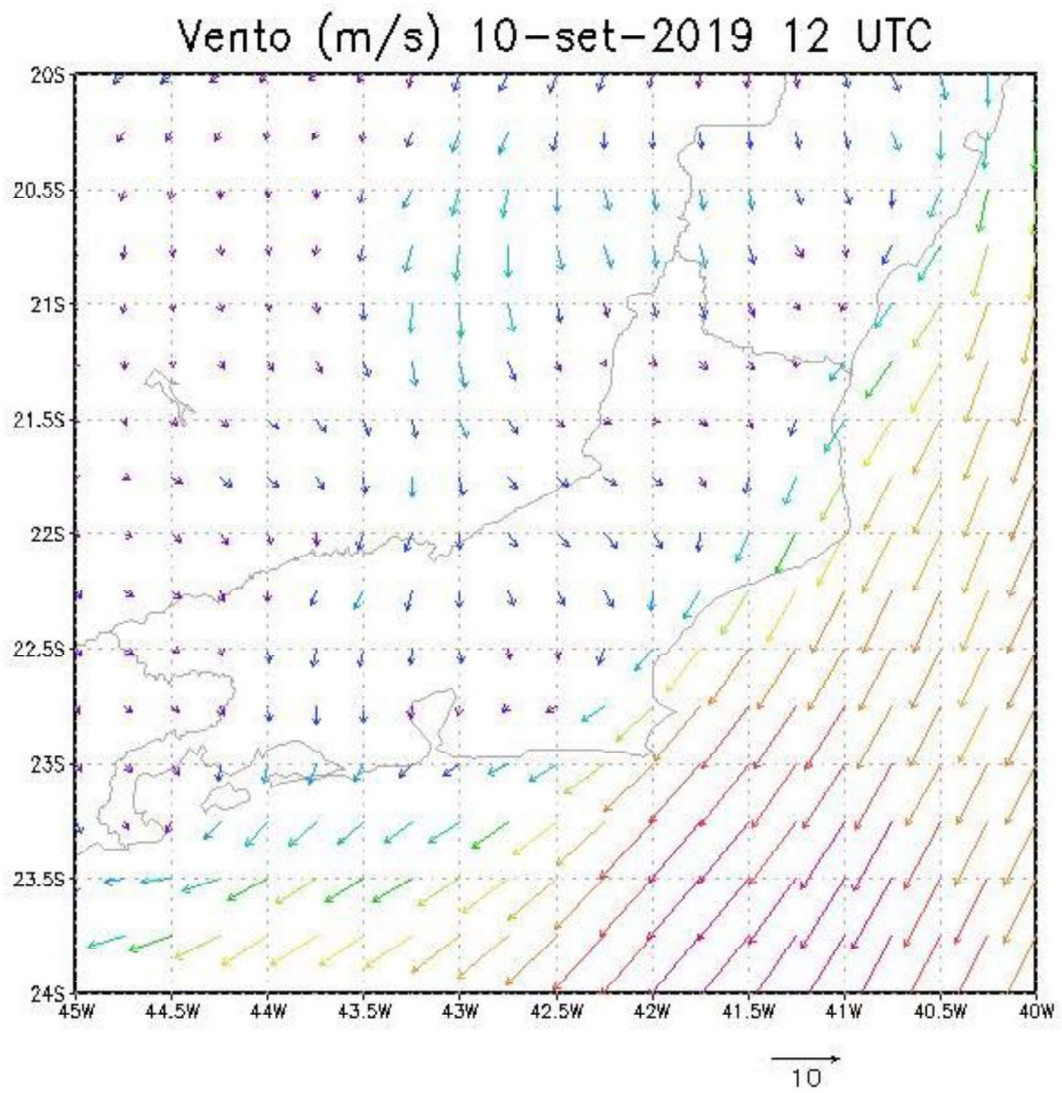


Figura 28 - Campo do vento (m/s) regional no dia 10 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

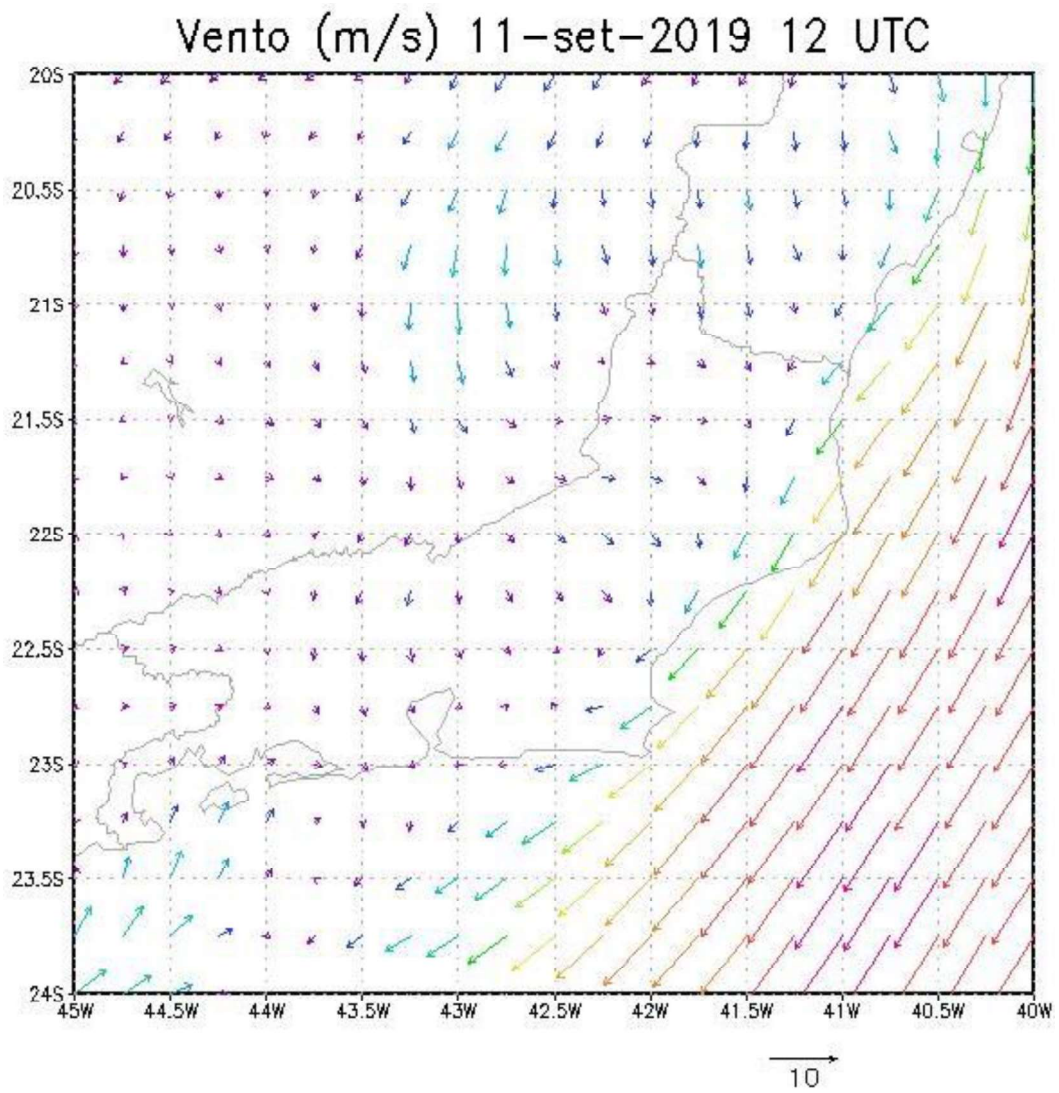


Figura 29 - Campo do vento (m/s) regional no dia 11 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

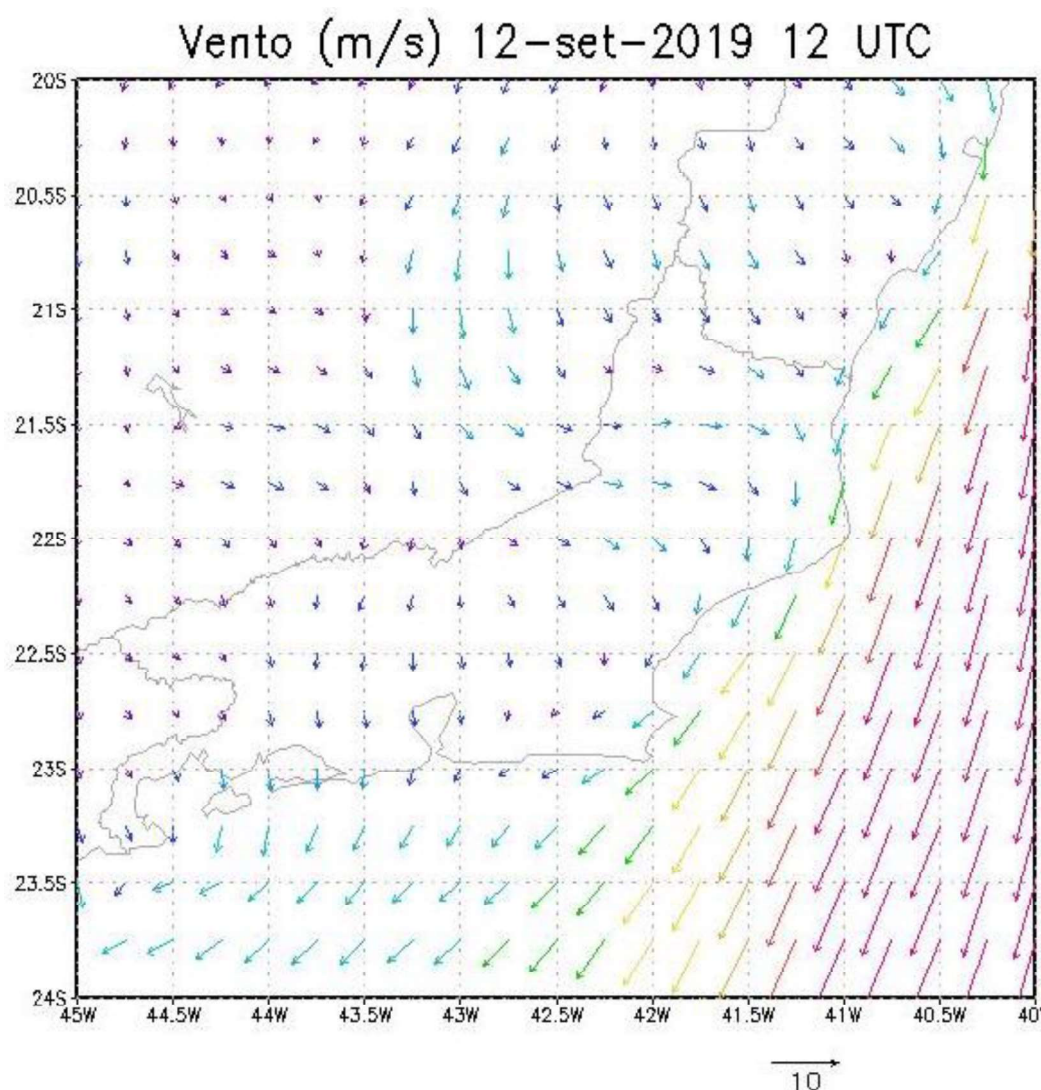


Figura 30 - Campo do vento (m/s) regional no dia 12 de setembro de 2019. Reanálise ERA5 do ECMWF - 2019.

O comportamento dos ventos durante o trabalho dos bombeiros de controlar o incêndio florestal em São Fidelis mostra a importância tanto do conhecimento prévio dos ventos, isto é, as previsões do tempo na região, quanto do acompanhamento das bruscas variações de direção do vento acompanhadas de sua intensificação, como fica evidente neste episódio.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo se iniciou com a revisão de ocorrências de incêndios florestais, mostrando o comportamento desses incêndios diante das variáveis meteorológicas e sua variabilidade. Assim foram apresentadas evidências das dimensões da vulnerabilidade e da complexibilidade dos componentes ambientais para o risco de desastres associados a incêndios florestais. Além dos componentes climáticos e agentes naturais, fatores econômicos, políticos, institucionais estão envolvidos.

Pesquisas de dados e relatos permitiram a contextualização dos incêndios florestais no âmbito de desastres socioambientais, mostrando a necessidade da estruturação de um sistema de gestão e de alerta de risco para os incêndios. Os trabalhos analisados apontam para a necessidade de uma criteriosa sistematização de procedimentos, elaborada em eixos como o conhecimento do risco, o monitoramento, a educação e a comunicação, priorizando a capacidade de prevenção e de resposta.

Em seguida são apresentados os comprometimentos da Mata Atlântica, focados no município de São Fidelis. A análise de dados meteorológicos, principalmente a intensidade e direção do vento, sem perder de vista variáveis como temperatura da região, índices de precipitação e períodos de seca, mostrou como os incêndios florestais estão conectados às particularidades regionais, no caso exemplificado na região de estudo, São Fidelis.

Esta análise indicou a necessidade de estudos na aplicabilidade de estações meteorológicas móveis, que associadas às estações fixas localizadas nas regiões de Campos dos Goytacazes e Macaé, possam melhor orientar os bombeiros no combate dos incêndios e principalmente para a proteção dos brigadistas numa eventual mudança na direção do vento.

As análises feitas neste estudo reforçam a importância da aplicabilidade do modelo proposto pelo CEMADEM (ANDERSON & MARCHEZINI, 2019), conforme o esquema abaixo:



Figura 31 - Estrutura dos cinco eixos do sistema de alerta para gestão do risco e desastres associados a incêndios florestais. “Referencial Teórico”.

Sem dúvida, estes procedimentos passam por decisões governamentais e suporte da iniciativa privada, considerando a variedade de empresas instaladas na região norte fluminense, para ações que minimizem os impactos diretos e indiretos dos incêndios sobre o ambiente e contribuam para a proteção da vida dos combatentes.



## BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER, M. E. *et al.* **Wildland fires: dangers and survival.** In 'Auerbach's Wilderness Medicine'.(Ed. PS Auerbach.) p. 276-318, 2017.

ALEXANDER, M. E.; BUXTON-CARR, P. Wildland fire suppression related fatalities in Canada, 1941–2010: a preliminary report. **Proceedings of the 11th International Wildland Fire Safety Summit**, p. 4-8, 2011.

ALEXANDER, M. E.; THORBURN, W. R. **LACES: adding an 'A' for anchor point (s) to the LCES wildland firefighter safety system.** In 'Current international perspectives on wildland fires, mankind and the environment'.(Eds B Leblon, ME Alexander) p. 121–144, 2015.

ANDERSON, L. O. *et al.* Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. **Territorium**, n. 26 (I), p. 43-61, 2019.

ANDREWS, P. L.; BEVINS, C. D.; SELI, R. C. BehavePlus fire modeling system Version 4.0 User's Guide. United States Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station. General Technical Report RMRS GTR-106WWW Revised, 2008.

BLANCHI, R. *at al.* Environmental circumstances surrounding bushfire fatalities in Australia 1901–2011. **Environmental Science & Policy**, v. 37, p. 192-203, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.013>

BLANCHI, R. *et al.* **Life and house loss database description and analysis.** CSIRO, Bushfire CRC report to the Attorney-General's Department, 2012. Disponível em: [https://www.bushfirecrc.com/sites/default/files/managed/resource/life\\_house\\_loss\\_report\\_final\\_0.pdf](https://www.bushfirecrc.com/sites/default/files/managed/resource/life_house_loss_report_final_0.pdf). Acesso em: ago. 2020.

BOLDRINI, J.; PETRUCCI, S. **Coleção Conhecendo.** São Fidélis, 1985.

BREWER, J. K.; HUNT, S. **Serious Accident Investigation Report.** Phoenix: Arizona Forestry, 2013.

BUTLER, B. W. *et al.* Fire behavior associated with the 1994 South Canyon Fire on Storm King Mountain, Colorado. Res. Pap. RMRS-RP-9. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 1998.

CHANG, Y. *et al.* Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987–2007) in China. **Forest Ecology and Management**, v. 356, p. 13-21, 2015.

CHENEY, N. P.; GOULD, J. S.; MCCAWE, L. The dead-man zone – a neglected area of firefighter safety. **Australian Forestry**, 45-54, 2001.  
Doi: <https://doi.org/10.1080/00049158.2001.10676160>.

COEN, J. L. *et al.* WRF-Fire: coupled weather–wildland fire modeling with the weather research and forecasting model. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 52, n. 1, p. 16-38, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-023>.

DIAKAKIS, M.; XANTHOPOULOS, G.; GREGOS, L. Analysis of forest fire fatalities in Greece: 1977–2013. **International Journal of Wildland Fire**, v. 25, n. 7, p. 797-809, 2016.  
Doi: <https://doi.org/10.1071/WF15198>.

DIÁRIO DE NOTÍCIAS (DN)a. Aquecimento da temperatura no Mediterrâneo é 20% mais rápido que média do planeta. 10 de out. 2019. Disponível em: <https://www.dn.pt/vida-e-futuro/aquecimento-da-temperatura-no-mediterraneo-e-20-mais-rapido-que-media-do-planeta-11391100.html>. Acesso em: 30 de mai. 2020.

DIÁRIO DE NOTÍCIAS (DN)b. Incêndio que fez 30 mortos na China está sob controlo – autoridades. 02 de abr. 2019. Disponível em: <https://www.dn.pt/lusa/incendio-que-fez-30-mortos-na-china-esta-sob-controlo---autoridades-10751254.html>. Acesso em: 30 de mai de 2020.

EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS (ECMWF). Disponível em: <https://www.ecmwf.int/>. Acesso em: 08 de jul. de 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO (FIA). Acordo de Paris: o que é, como surgiu e tratados ambientais, 2020. Disponível em: [fia.com.br: https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/](https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/). Acesso em: 30 de Jun. de 2020.

FINNEY, M. A. FARSITE, Fire Area Simulator--model development and evaluation. Res. Pap. RMRS-RP-4, Revised 2004, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 1998.

FIOROVANTI, C. 2019 foi o ano mais quente já registrado no Brasil: Temperaturas máxima e mínima anuais sobem de modo contínuo desde 1961. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019-foi-o-ano-mais-quente-ja-registrado-no-brasil/>. Acesso em: Jul. 2020.

FRYER, G. K.; DENNISON, P. E.; COVA, T. J. Wildland firefighter entrapment avoidance: modelling evacuation triggers. **International Journal of Wildland Fire**, v. 22, n. 7, p. 883-893, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1071/WF12160>.

GROSE, M. R. *et al.* Changes to the drivers of fire weather with a warming climate – a case study of southeast Tasmania. **Climatic Change**, p. 255-269, 2014.

LAHAYE, S.; CURT, T.; HÉLY, C. Which configurations cause entrapment risk. In: **5th International Fire Behaviour and Fuels Conference**. p. 11-15, 2016.

NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP. S-190 Introduction to Wildland Fire Behavior, 2020. Disponível em: <https://www.nwcg.gov/publications/training-courses/s-190/course-delivery>. Acesso em jul. 2020.

ONU NEWS. Davos: Guterres chama o mundo para inverter situação que pode ser “receita para desastre”. News UN. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/01/1656672>. Acesso em: Jul. de 2020.

PAGE, W. G.; BUTLER, B. W. An empirically based approach to defining wildland firefighter safety and survival zone separation distances. **International Journal of Wildland Fire**, v. 26, n. 8, p. 655-667, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1071/WF16213>.

PIMONT, F.; SIEG, C.H.; LINN, R.R.; HOFFMAN, C.M.; MCMILLIN, J.D. Fires following bark beetles: Factors controlling severity and disturbance interactions in ponderosa pine. *Fire Ecology* (pp. 1-23). Arizona, 2017.

RODRIGUES, N. S. Incêndio já destruiu 172 hectares em Santan Maria Madalena; helicóptero é usado o combate. 2019. Disponível em: <https://sfnoticias.com.br/incendio-ja-destruiu-172-hectares-em-santa-maria-madalena-helicoptero-e-usado-no-combate>. Acesso em: jul. 2020.

SANTOS, Y. C. Aplicação da Estação Meteorológica Portátil no Combate Aincêndio Florestal no Estado de Goiás. 2015.

SIEG, C. H. *et al.* Fires following bark beetles: Factors controlling severity and disturbance interactions in ponderosa pine. **Fire Ecology**, v. 13, n. 3, p. 1-23, 2017.

SOFFIATI, A. 2004. Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.saofidelisrj.com.br/meio-ambiente/>. Acesso em: jul. 2020.

SUASSUNA, F. F. Procedimento Operacional Padrão. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Defesa Civil. 1997.