

INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ESPÍRITO SANTO, BRASIL: PERÍODOS CRÍTICOS E REGIÕES IMPACTADAS ENTRE 2010 E 2019 PARA ESTRATÉGIAS FUTURAS

Felipe Patrício das Neves¹

<https://orcid.org/0000-0001-5393-6521>

Nilton César Fiedler²

<https://orcid.org/0000-0002-3895-661X>

Alexandre Rosa dos Santos³

<https://orcid.org/0000-0003-2617-9451>

Ronie Silva Juvanhol⁴

<https://orcid.org/0000-0002-0040-3382>

Flávio Cipriano de Assis do Carmo⁵

<https://orcid.org/0000-0001-9956-5295>

Reginaldo Sérgio Pereira⁶

<https://orcid.org/0000-0002-6614-6825>

Elaine Cristina Gomes da Silva⁷

<https://orcid.org/0000-0003-4214-2042>

Saulo Boldrini Gonçalves⁸

<https://orcid.org/0000-0001-6352-3413>

RESUMO

Originalmente, o bioma Mata Atlântica cobria grande parte do estado do Espírito Santo, contudo, ao longo das últimas décadas, reduziu-se bastante devido a fatores como a expansão urbana e os incêndios florestais, estes inclusive cada vez mais frequentes em várias regiões do planeta. Diante desse cenário, optou-se nesta pesquisa abordar os incêndios florestais, temática de extrema relevância para a gestão ambiental e saúde humana. Visa analisar os impactos dos incêndios florestais no território estadual, a partir do diagnóstico de atendimentos do Corpo de Bombeiros Militar Estadual, destacando períodos críticos e regiões afetadas, para subsidiar ações de prevenção e resposta mais eficazes dos órgãos competentes. Foram utilizados dados de atuações de equipes de bombeiros realizadas entre os anos 2010 e 2019, sendo submetidos ao teste de análise de variância e Tukey, nível de significância 5%, quando F significativo. Além disso, foram elaborados mapas de calor e temáticos, representando áreas de maior concentração e incidência de incêndios florestais no território estadual. Como resultado, destacaram-se anualmente os períodos agosto a outubro e janeiro a março; e semanalmente, sextas-feiras a domingos, concentrando o maior número dos 23745 incêndios registrados. Em 2019, notou-se um aumento de

¹Major BM. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES). 5ª Companhia Independente – Serra/ES.

²Universidade Federal do Espírito Santo. Dr. Professor e Orientador.

³Universidade Federal do Espírito Santo. Dr. Professor e Coorientador.

⁴Universidade Federal de Piauí. Dr. Professor e Coorientador.

⁵Universidade Federal de Campina Grande. Dr. Professor.

⁶Universidade de Brasília. Dr. Professor.

⁷Universidade Federal do Espírito Santo. Dra. Professora.

⁸Universidade Federal de Tocantins. Dr. Professor.

87,43% em atendimentos, comparado ao ano anterior, evidenciando a necessidade de preparação adequada. Os incêndios se concentraram principalmente nas microrregiões Metropolitana (42%), Rio Doce (12,9%) e Centro-Sul (9,43%), e, por município, Serra (13,32%), Guarapari (8,77%) e Cachoeiro de Itapemirim (8,13%). Decerto, informações muito importantes foram abordadas na pesquisa para otimização de ações de enfrentamento a tais desastres por parte dos órgãos competentes.

Palavras-chave: Proteção florestal; Prevenção de incêndios florestais; Gestão ambiental; Preparação; Queimadas.

FOREST FIRE IN ESPIRITO SANTO, BRAZIL: CRITICAL PERIODS AND IMPACTED REGIONS BETWEEN 2010 AND 2019 FOR FUTURE STRATEGIES

ABSTRACT

Originally, the Atlantic Forest biome covered a large part of the state of Espírito Santo. However, over the last few decades, it has shrunk significantly due to factors such as urban expansion and Forest fires, which are increasingly frequent in several regions of the planet. Given this scenario, this research chose to address Forest fires, a topic of extreme relevance for environmental management and human health. The aim is to analyze the impacts of Forest fires in the state territory, based on the diagnosis of services provided by the State Military Fire Department, highlighting critical periods and affected regions, to support more effective prevention and response actions by the competent agencies. Data from firefighter team actions carried out between 2010 and 2019 were used, and were subjected to the analysis of variance and Tukey test, with a significance level of 5%, when F was significant. In addition, heat and thematic maps were prepared, representing areas of greatest concentration and incidence of Forest fires in the state territory. As a result, the periods from August to October and January to March stood out annually; and weekly, Fridays to Sundays, concentrating the largest number of the 23,745 fires recorded. In 2019, there was an 87.43% increase in calls for assistance, compared to the previous year, highlighting the need for adequate preparation. The fires were concentrated mainly in the Metropolitan (42%), Rio Doce (12.9%) and Centro-Sul (9.43%) microregions, and, by municipality, Serra (13.32%), Guarapari (8.77%) and Cachoeiro de Itapemirim (8.13%). Certainly, very important information was addressed in this search to optimize actions to face such disasters by the competent agencies.

Keywords: Forest protection; Forest fire control; Environmental management; Preparation; Fires.

Artigo Recebido em 03/04/2025

Aceito em 18/09/2025

Publicado em 30/09/2025

1. INTRODUÇÃO

Originalmente 90% do território do estado do Espírito Santo já foi coberto pelo bioma Mata Atlântica; no entanto, estima-se atualmente que ainda haja um pouco mais de 8% (Almeida, 2016). Uma das causas que contribuíram para esse cenário são os incêndios florestais, ameaças que tem se tornado cada vez mais frequentes no Brasil e no mundo, devido ao seu enorme potencial de danos sociais, econômicos e de prejuízos aos remanescentes florestais (Soriano; Daniel; Santos, 2015). Nesse contexto, a busca por melhor desempenho nas ações de resposta a incêndios florestais impõe aos órgãos competentes a necessidade de desenvolverem estratégias e ferramentas capazes de fazer frente a tais desastres. Assim, ações preventivas, investimentos em sistemas de combate e estratégias de emprego de recursos humanos para essa finalidade exigem um bom entendimento da dinâmica dos incêndios florestais e planejamento prévio, a fim de gerenciá-los de maneira adequada.

Por definição, os incêndios florestais correspondem a quaisquer incêndios não controlados que ocorrem na vegetação, de origem antrópica ou natural (Eugenio et al., 2016; Fiedler et al., 2019; Mota et al., 2019; Tetto et al., 2015). Encontram-se entre os principais fatores responsáveis pelas perdas no triângulo da sustentabilidade no setor florestal: sustentabilidade econômica, social e ambiental (Canzian et al., 2016). Além disso, os incêndios florestais estão entre as maiores e constantes ameaças à biodiversidade devido ao seu potencial para danos bióticos e abióticos de forma inesperada (Torres et al., 2017). Eles não apenas danificam a flora, mas também provocam danos à fauna, ao solo, ao ecossistema inteiro (Wang et al., 2016), dificultam a penetração da água no solo, devido a alteração de suas propriedades físicas (Di Prima et al., 2018; Mora et al., 2016), aumentando o escoamento

superficial e causando a perda de nutrientes(Keesstra et al., 2018), e de matéria orgânica, à medida que são carregados pelo fluxo de água (Novara et al., 2011). Os incêndios florestais estão cada vez mais frequentes devido às mudanças climáticas (Bao et al., 2015), à redução das chuvas, ao aumento das temperaturas diurnas, a períodos prolongados de seca e às ações humanas. Consequentemente, esse aumento de frequência tem sido uma grande preocupação para todos(Argañaraz et al., 2015; Arpaci et al., 2014; Littell et al., 2016; Mavsar; González Cabán; Varela, 2013), já que queimam milhares de hectares e causam sérios danos em várias regiões ao redor do mundo (Brun et al., 2017). A título de exemplo, entre 2007 e 2012, havia mais de 2.500 ha de área queimada em áreas protegidas, principalmente em Unidades de Conservação no estado do Espírito Santo (Tebaldi et al., 2013).

Embora haja atualmente um grande número de técnicas preventivas e de combate a incêndios florestais, esses mecanismos não são suficientemente capazes de resolver ou evitá-los totalmente(Fiedler et al., 2015). Somado a isso, a falta de informações sobre incêndios florestais pode levar a situações opostas contrastantes: elevados gastos com medidas preventivas e de proteção acima do necessário; ou também abaixo do potencial de dano esperado, colocando em risco a fauna e a flora(Rodríguez et al., 2013; Soares; Batista, 2007). Ao se pesquisar informações sobre ocorrências de incêndios, os períodos de maior demanda de atendimento podem receber ações preventivas no ano seguinte em várias frentes, podendo receber queimas controladas, programas de educação ambiental nas comunidades, ou mesmo prevenção de acesso a determinadas unidades de conservação(Nunes; Soares; Batista, 2006). Além disso, como os sistemas de combate eficientes são relativamente caros, não podem permanecer operacionais durante todo o ano, e devem ser adequadamente administrados. O conhecimento dos períodos de pico de ocorrência de incêndios pode permitir às autoridades

alocar recursos em conformidade, desativando parcialmente o sistema de atendimento quando necessário (Soares; Batista, 2007).

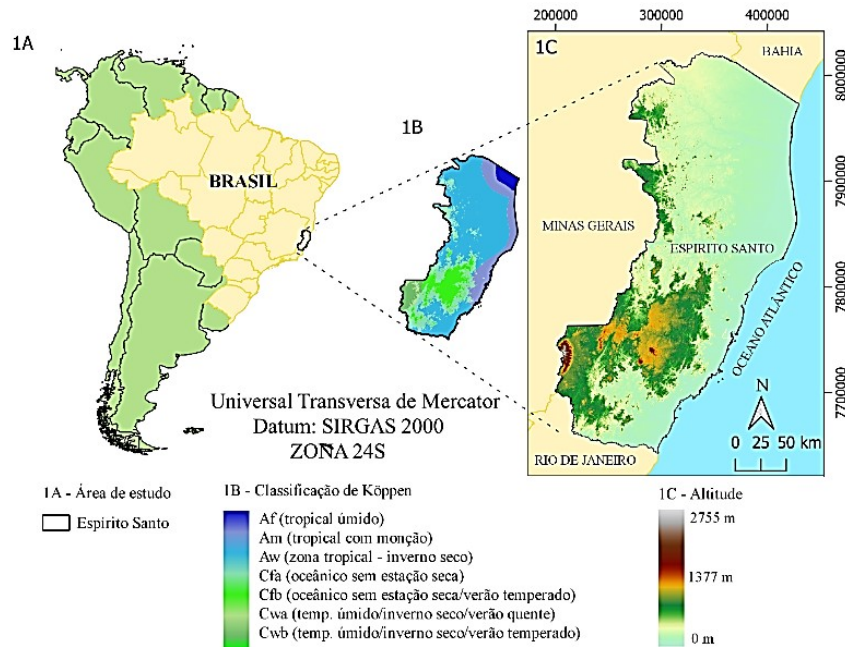
Com base no exposto e na premissa de que o que não é medido não pode ser gerenciado (Deming, 1990), explorar informações sobre serviços de resposta a tais emergências pode aprimorar as políticas de prevenção e combate, para fornecer soluções mais eficazes e economicamente viáveis aos órgãos competentes. Além disso, esses trabalhos podem subsidiar a construção de estratégias de enfrentamento e tomadas de decisão tanto administrativas quanto operacionais, contribuindo para a otimização dos recursos disponíveis. Portanto, este estudo teve como objetivo analisar os impactos dos incêndios florestais em todo o Estado a partir do diagnóstico dos atendimentos prestados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES), destacando períodos de criticidade e regiões mais castigadas, registrados entre 2010 e 2019, para planejamentos de ações preventivas e de resposta, além também de estudos futuros. Para isso, foram utilizadas técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) há bastante tempo empregadas em análises e modelação, para exame de dados, observar relacionamentos e tendências, difíceis de identificar diretamente nos mapas (Longley, Goodchild, Maguire, Rhind, 2005). Tais técnicas possibilitam também a visualização de dados de diversas maneiras, contribuindo com a organização e georreferenciamento de dados, integração de fontes de informações, condições de análise e até mesmo a montagem de cenários variados (Câmara et al., 2004; Cowen, 1990). Assim, muitas instituições têm implementado em seus processos ferramentas baseadas em SIG. Dessa forma permitem a gestores públicos a análise da realidade espacial urbana, visualizando e manipulando dados de diversas fontes, permitindo direcionar e racionalizar recursos públicos disponíveis (Cavatorta; Pereira; Caldana, 2020).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo:

A área de estudo compreende o estado do Espírito Santo, localizado no sudeste do Brasil, entre os paralelos 17°53'29 " e 21°18'03 " de latitude sul e os meridianos 39°41'18 " e 41°52'45" de longitude oeste de Greenwich, em uma área total de 46.052,64 km², na América do Sul (Figura 1A). De acordo com a classificação de Köppen (Figura 1B), encontram-se na área de estudo as seguintes zonas climáticas: Af, com clima tropical úmido; Am, tropical com monção; Aw, zona tropical com inverno seco; Cfa, clima oceânico sem estação seca; Cfb, clima oceânico sem estação seca e verão temperado; Cwa, clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente; e Cwb, com clima temperado úmido, com inverno seco e verão temperado (Alvares et al., 2013). Na Figura 1C, encontram-se as altitudes segundo o modelo digital de elevação do Estado, obtido do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Espírito Santo (GEOBASES). É limitado a leste pelo Oceano Atlântico e ao norte, oeste e sul pelos estados da Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro, respectivamente.

Figura 1. Área de estudo



Legenda: [1A] Estado do Espírito Santo; [1B] Classificação Climática de Köppen; [1C] Altitude.

Fonte: Os autores.

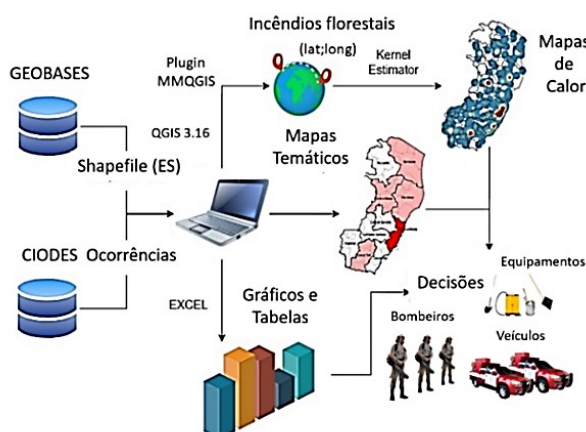
Coleta de dados

Foram utilizados dados de ocorrências atendidas por equipes de bombeiros militares do CBMES, registrados entre os anos de 2010 e 2019, disponibilizadas pelo Centro Operacional Integrado de Defesa Social (CIODES). Além disso, arquivos de mapas da base de dados do sistema GEOBASES, em formato vetorial (shapefile) do território estadual foram empregados para a confecção de mapas específicos deste estudo. Utilizaram-se também dados de incêndios florestais e queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio de imagens do satélite de referência AQUA_M-T (INPE, 2020).

Procedimentos

Na Figura 02 a seguir, apresenta-se um fluxograma simplificado das etapas adotadas no presente estudo. Inicialmente, para a elaboração dos mapas temáticos foram utilizadas médias anuais de ocorrências de incêndios florestais atendidas, com base nos dados absolutos por município e microrregião administrativa do Estado, por meio do *software* Microsoft Excel. Os valores foram então inseridos na tabela de atributos do shapefile do mapa do território estadual, utilizando o *software* de geoprocessamento QGIS 3.16, de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Turchetto et al., 2014).

Figura 2. Fluxograma metodológico



Fonte: Os autores.

De maneira geral, nos mapas temáticos é possível destacar diferenças regionais, permitindo aos gestores identificar áreas de maior criticidade, devido às diferenças nas colorações entre municípios e microrregiões. Nesses mapas, os valores da variável (incêndios florestais) são apresentados uniformemente dentro dos limites de cada área (Sluter, Ilescheck, Bravo, 2011). A vantagem desses mapas é que os dados não precisam ser georreferenciados no processo de sua confecção, tornando sua obtenção mais

ágil. Em seguida, utilizou-se o aplicativo MMQGIS do *software* QGIS, para codificação das coordenadas geográficas dos pontos (latitude e longitude) dos incêndios registrados entre 2010 e 2016. Nessa fase do estudo, os endereços das ocorrências atendidas foram geocodificados (Alexandre et al., 2020). Já a partir de 2017, a grande maioria dos atendimentos passou a ser georreferenciado pelas próprias equipes de emergência. Depois disso, foi utilizada a ferramenta 'adicionar camada de texto delimitado' para gerar o arquivo vetorial em formato de pontos. Posteriormente, a ferramenta de interpolação foi usada para criar os mapas de calor (*KernelDensityEstimation*), ou seja, de densidade de incêndios florestais, para cada ano abordado na pesquisa. As imagens no formato raster, ou também chamadas de matricial, foram resultado da aplicação de uma técnica de geoprocessamento em que se utiliza o cálculo da densidade do Kernel (Beato; Assunção, 2008; Camargo et al., 2005; Silverman, 1986) amplamente utilizada em estudos ao redor do mundo (Koutsias; Balatsos; Kalabokidis, 2014; Zhang et al., 2017). Os pontos definidos destacam o grau de concentração dos incêndios florestais, bem como o seu raio de influência na região do estudo. Esse grau de concentração é determinado por coeficientes derivados do cálculo da densidade e traduzidos em categorias de concentração muito alta, alta, média, baixa e muito baixa para facilitar a interpretação cartográfica do mapa. Obteve-se então um arquivo matricial, representando a soma do empilhamento de n outros rasters circulares para cada ponto de entrada. Os valores são interpolados e centralizados por célula, usando a função simétrica escolhida (Barbosa et al., 2014). Além disso, conceitualmente, entende-se como geoprocessamento, o conjunto de técnicas matemáticas e computacionais utilizadas no tratamento das geoinformações (Souza Neto et al., 2021), utilizadas neste trabalho.

Utilizou-se a seguinte equação:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

Onde: K = função kernel; h = raio de pesquisa de 10 km; x = posição do centro de cada célula; X_i = posição do ponto i do centroide de cada polígono; n = número total de incêndios florestais; f_h = função.

Na etapa final de exploração dos dados de atendimento dos bombeiros militares, foram comparados aos dados extraídos do Portal de monitoramento de queimadas e incêndios florestais do INPE, como uma forma de encontrar relações com os resultados da presente pesquisa. Para tanto, foi necessária a obtenção da série histórica de registros do INPE, correspondente também ao mesmo período dos dados do CIODES.

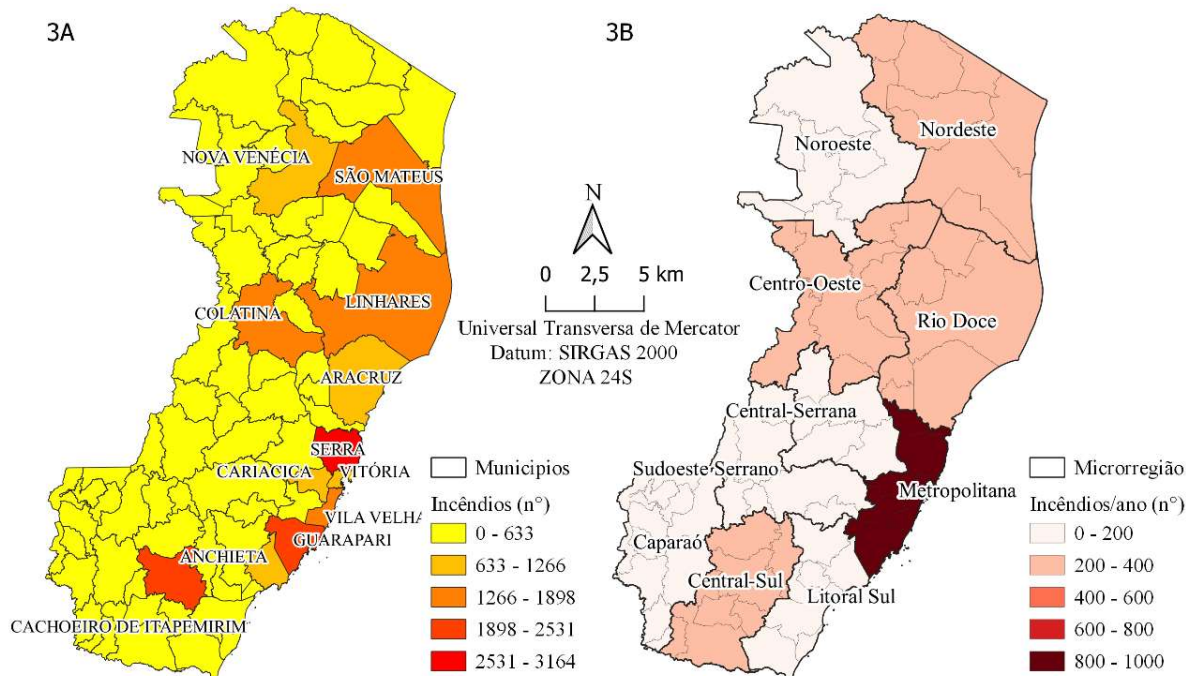
Análise estatística

Com os dados de incêndios florestais obtidos foi avaliada a normalidade dos erros pelo teste de F. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância. Quando o valor F significativo, as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey ao nível de significância de 5%, para identificar diferenças entre os dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da Figura 3 a seguir, foi possível notar o estado do Espírito Santo regiões mais impactadas por incêndios florestais, durante o período de 2010 a 2019, diferenciando-se pela gradação de cores e legendas:

Figura 3. Mapas temáticos de ocorrências de incêndios florestais no estado do Espírito Santo entre 2010 e 2019.



Legenda: [3A] ocorrências por município entre 2010 e 2019; [3B] média anual de ocorrências por microrregião administrativa.

Fonte: Os autores.

Na Figura 3A, é possível observar os municípios mais castigados pelos incêndios florestais, sendo que os cinco primeiros de maior número absoluto de atendimentos os seguintes: Serra, Guarapari, Cachoeiro de Itapemirim, Linhares e Vila Velha, com 3164 (13,32%), 2083 (8,77%), 1930 (8,13%), 1783 (7,51 %), e 1739 (7,32%), em percentuais, respectivamente. Enquanto isso, alguns outros registraram menos casos, como Laranja da Terra e Alto Rio Novo, sem nenhum atendimento registrado no mesmo período; Mantenópolis, com 1 atendimento; Ponto Belo, com 2 incêndios, e Mucurici com outros 4, ou seja, sem participação significativa no percentual geral, conforme dados utilizados no estudo.

Na Figura 3B, são apresentadas as médias anuais de atendimento por microrregião administrativa, para comparações e identificação de regiões mais vulneráveis a tais desastres. Percebeu-se também que, ao se realizar tal distribuição de forma cumulativa, destacaram-se percentualmente as regiões Metropolitana, com 42%; Rio Doce, com 12,9%; e Centro-Sul, com 9,43%.

Assim, por meio de tais mapas foi possível evidenciar as diferenças regionais e notar que o perfil dos incêndios florestais é heterogêneo, de maior frequência na região metropolitana e parte norte do território estadual. Regiões próximas a áreas urbanas apresentaram maior densidade de atendimentos a incêndios florestais, em tese devido à proximidade geográfica a locais mais populosos no Estado, corroborando com estudos de Torres et al (2010), que destacam a influência antrópica para a ocorrência de incêndios florestais. Dessa forma, regiões mais vulneráveis a incêndios poderiam ser priorizadas, recebendo recursos humanos, logísticos, e investimentos em prevenção e combate dos órgãos competentes. Durante períodos de estiagem e aumento de demanda de ocorrências desta natureza, programas de reforço operacional, por exemplo, podem ser implementados, para mitigar possíveis consequências.

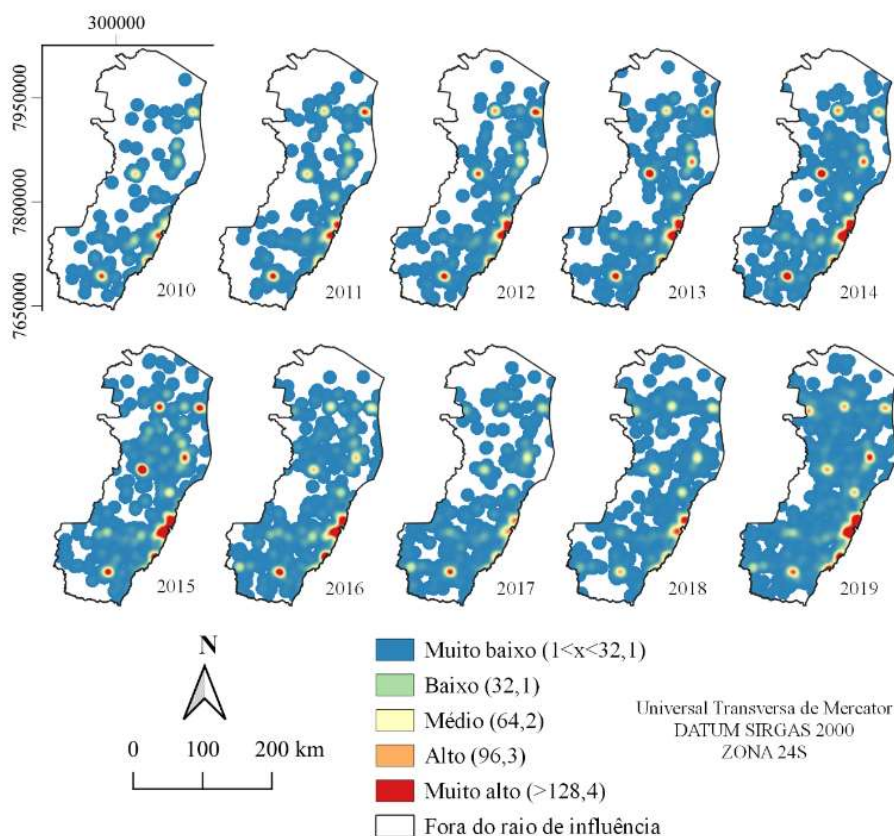
Ao se contar com tais informações, permite-se aos gestores municipais de uma mesma área administrativa realizarem operações conjuntas organizadas, conforme Figura 3B, reforçando o poder de resposta local e suas ações em períodos críticos. Portanto, as implicações do presente estudo podem favorecer e oferecer informações relevantes para a administração pública estadual, municipal e, ainda, para a iniciativa privada, que também frequentemente sofre com as consequências dos incêndios florestais.

Convém destacar que, devido a longas distâncias de algumas regiões até a sede de quartéis de bombeiros, alguns incêndios florestais podem não ter sido registrados por falta de acionamento por parte da população local, e

não atendidos por equipes do CBMES. Assim, é possível que o número de incêndios florestais tenha sido ainda maior.

Na Figura 4, constam os mapas de calor anuais de atendimento a ocorrências de incêndios florestais elaborados neste estudo, após geocodificação dos dados e interpolação por Estimativa de Kernel.

Figura 4. Mapas de calor anuais de incêndios florestais no estado do Espírito Santo entre 2010 a 2019.



Fonte: Os autores.

Por meio da Figura 4, foi possível observar os impactos e a distribuição dos atendimentos a incêndios florestais em todo o território estadual, com base em dados georreferenciados, ao longo do período do estudo analisado. As áreas de maior concentração (densidade), de maneira geral, estavam

próximas às interfaces das regiões urbana-rural do Estado, com a região Metropolitana destacando-se em praticamente todos os mapas anuais. Isso porque, conforme apontado por Torres et al. (2010), a atividade humana no meio rural é uma das principais causas dos incêndios florestais no Brasil. Além disso, a grande maioria dos incêndios em áreas tropicais ocorre devido à limpeza da vegetação para fins agrícolas, considerado o método de limpeza mais acessível (Barlow et al., 2012; Piromal et al., 2008; Ribeiro et al., 2008).

Nota-se também uma dispersão gradual das ocorrências para o interior do Estado ao longo dos anos, ou seja, que tal problema tem sido cada vez mais comum por todo o território, tendo seu auge em 2019. Além disso, a análise do perfil de atendimentos em relação a outros parâmetros como estações, meses e dias do ano, é muito importante para a adequada realocação de recursos, períodos de campanhas educativas preventivas, entre outras ações. Isso garantirá que os sistemas de prevenção e combate não fiquem parados durante parte do ano e sejam usados em outras regiões que precisem de assistência (Soares; Batista, 2007). Os mapas representaram as condições de ocorrências e propagação de incêndios ao longo dos anos, capazes de agregar informações muito importantes para planejamento de ações de respostas a tais desastres. Caso iniciativas sejam adotadas corretamente nas áreas mais críticas, pode-se obter a redução do número e área queimada por incêndios em curto e a longo prazo (Cipriani et al., 2011; Ribeiro; Soares; Bepler, 2012; Tetto, Batista, Soares, 2012; White et al., 2016).

Na Tabela 1, os atendimentos a ocorrências de incêndios florestais foram distribuídos ao longo dos meses e anos, além de obtidas as médias mensais.

Tabela 1 - Atendimentos de ocorrências de incêndios florestais registrados pelo CIODES no estado do Espírito Santo entre 2010 e 2019.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2010	226	203	13	17	28	66	37	185	264	127	14	101	1281
2011	70	224	24	13	119	137	217	323	464	95	38	28	1752
2012	75	211	283	195	71	94	193	56	194	352	39	311	2074
2013	307	294	178	101	199	120	240	341	269	138	80	25	2292
2014	191	322	251	116	201	156	89	225	409	442	162	181	2745
2015	755	367	192	201	52	65	76	180	458	600	293	290	3529
2016	182	285	260	377	383	214	153	290	397	154	37	50	2782
2017	288	94	225	93	70	64	27	161	245	311	60	73	1711
2018	307	76	86	29	54	108	296	187	289	285	57	167	1941
2019	707	362	382	170	146	162	378	266	447	293	225	100	3638
Média	310,8	243,8	189,4	131,2	132,3	118,6	170,6	221,4	343,6	279,7	100,5	132,6	
Total													23745

Legenda: Jan.= janeiro; Fev.= fevereiro; Mar.= março; Abr.= abril; Mai.=maio; Jun.=junho; Jul.= julho; Ago.= agosto; Set.= setembro; Out.= outubro; Nov.= novembro; Dez.= dezembro.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados fornecidos pelo CIODES.

Com a Tabela 1, foi possível notar a evolução dos incêndios ao longo da década delimitada no estudo. Nesse período, foram registradas 23745 ocorrências atendidas pelo CBMES em todo o Estado. E tais registros não se limitaram a áreas de preservação ou naturais, como já visto em outras pesquisas, mas sim em quaisquer vegetações impactadas pelos incêndios e atendidas por equipes de bombeiros militares. Os períodos de maior criticidade (maior número de registros de atendimentos) ao longo dos anos se deram entre os meses de janeiro a março, e de agosto a outubro, ou seja, nas estações do verão e inverno no Estado, conforme inclusive médias mensais da Tabela 1. Quanto aos registros anuais, notou-se que nos 10 anos do estudo, o número máximo de atendimentos quase triplicou, se comparados aos dados do primeiro ano da pesquisa. Entende-se, portanto, que as agências competentes deveriam necessariamente acompanhar constantemente a evolução dos dados desse tipo de atendimento e adaptar suas ações de preparação e capacidade de resposta quando necessário.

Na Tabela 2 a seguir, são descritas as áreas e percentuais das regiões de influência das ocorrências de incêndios florestais atendidas pelas equipes do Corpo de Bombeiros Militar Estadual.

Tabela 2 – Áreas e percentuais das regiões de influência das ocorrências de incêndios florestais no estado do Espírito Santo entre 2010 e 2019.

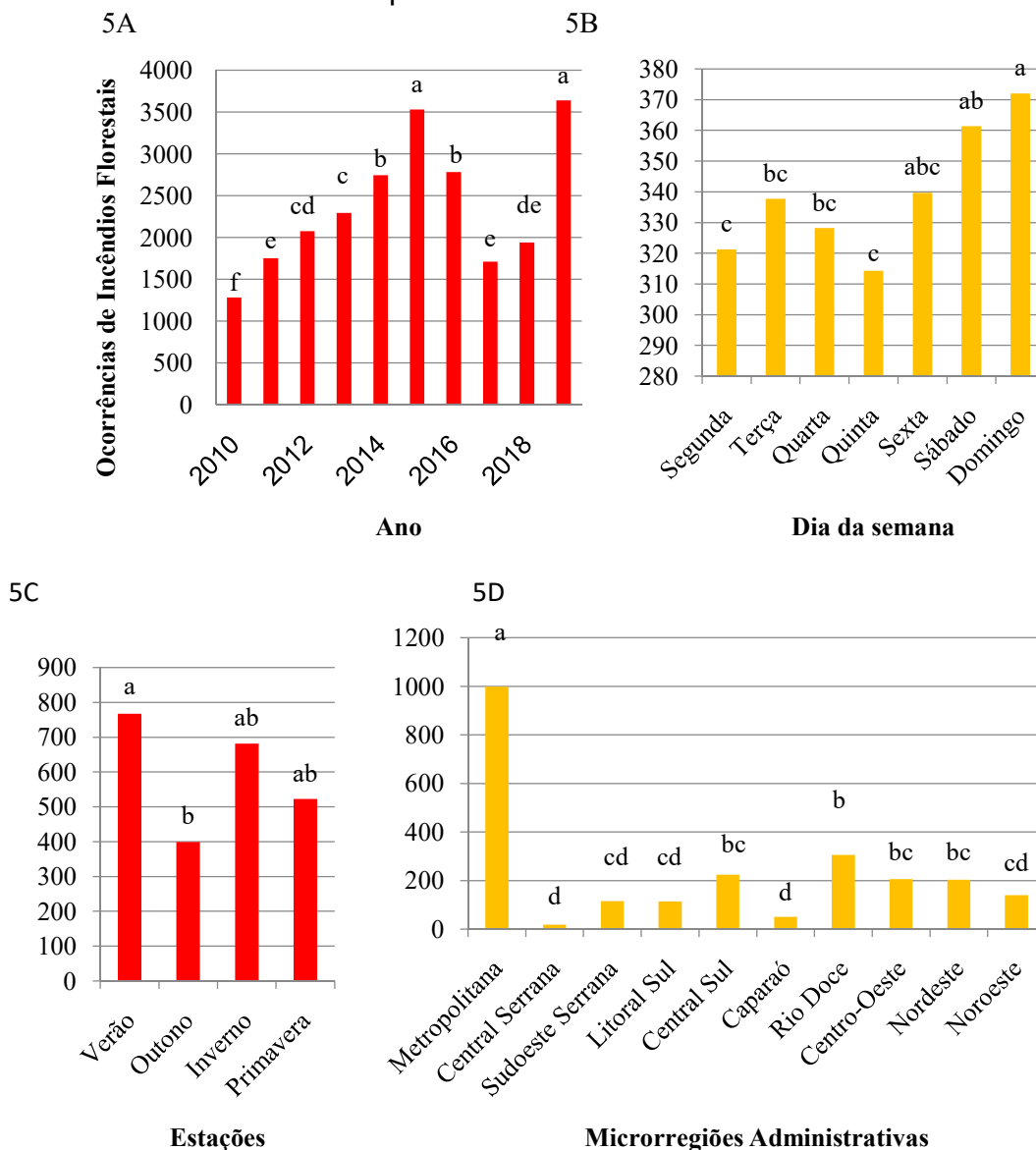
Classe	2010		2011		2012		2013		2014	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Muito baixo	17078,61	86,51	18767,18	85,06	21713,56	85,97	23467,88	86,17274	25761,24	86,01
Baixo	1473,59	7,46	1653,9	7,50	1764,8	6,99	1854,49	6,81	2118,39	7,07
Médio	704,09	3,57	850,31	3,85	754,99	2,99	781,52	2,87	813,57	2,72
Alto	372,95	1,89	508,07	2,30	550,12	2,18	561,31	2,06	577,77	1,93
Muito alto	113,33	0,57	283,73	1,29	475	1,88	568,33	2,08	681,37	2,27
Total	19742,57	100,00	22063,19	100,00	25258,47	100,00	27233,53	100,00	29952,34	100,00
Classe	2015		2016		2017		2018		2019	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Muito baixo	28042,82	82,55	27336,45	84,44	25881,32	87,53	28650,39	88,57	32089,27	84,05
Baixo	3473,08	10,22	2960,8	9,15	2301,65	7,78	1927,96	5,96	3333,69	8,73
Médio	1008,4	2,97	1057,85	3,27	915,42	3,10	1054,26	3,26	1218,87	3,19
Alto	564,05	1,66	499,02	1,54	381,85	1,29	565,54	1,75	865,53	2,27
Muito alto	880,52	2,59	519,87	1,61	89,34	0,30	150,28	0,46	669,29	1,75
Total	33968,87	100,00	32373,99	100,00	29569,58	100,00	32348,43	100,00	38176,65	100,00

Fonte: Os autores.

Por meio da Tabela 2, foram realizadas análises da série histórica de áreas de influência e concentração de incêndios florestais, permitindo observar comportamentos interessantes como a grande redução da classe muito alto em 2017, além da redução geral em menor percentual das demais classes, evidenciando a queda no número de atendimentos a este tipo de emergência no período, o que é ótimo. Já em 2018 e 2019, os valores das classes retornaram a subir, em função principalmente da nova alta do número de atendimentos nesse mesmo período, à exceção da classe baixa, que apresentou uma queda em 2018 e retornou a crescer em 2019. Além disso, é possível notar mais uma vez que os dados de 2015 e 2019 destacaram-se dos demais devido ao número de atendimentos, e consequentemente de áreas de influência, expostas na Tabela 2 acima.

Em seguida, a Figura 5 apresenta os resultados da pesquisa em relação às análises estatísticas, conforme os dados de atendimentos realizados pelo CBMES a incêndios florestais e registrados pelo CIODES.

Figura 5. Evolução dos incêndios florestais registrados pelo CIODES no estado do Espírito Santo entre 2010 e 2019.



Legenda: Anual [5A], por dia da semana [5B], por estações [5C] e microrregiões administrativas [5D].

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados fornecidos pelo CIODES.

*as colunas gráficas seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Na Figura 5A, nota-se o aumento gradativo do número de registros de incêndios florestais nos cinco primeiros anos, atingindo sua segunda maior marca histórica na década em 2015 (3529 ocorrências), época de intensa seca no estado (INCAPER, 2019). Posteriormente, verificou-se uma diminuição das ocorrências nos anos de 2016 e 2017, e uma nova e suave elevação em 2018. No entanto, o aumento repentino e acentuado em 2019 representa a maior marca da década. Em apenas um ano, constatou-se um aumento de 87,43% nos atendimentos em relação a 2018, exigindo, portanto, preparação e ações de resposta adequadas dos órgãos competentes.

Portanto, nota-se na Figura 5A que os anos de 2015 e 2019 se destacaram estatisticamente dos demais anos. É importante frisar que o fenômeno natural *El Niño*, responsável pelo aquecimento anormal da temperatura das águas oceânicas do Pacífico Tropical e mudanças nos padrões de chuvas e temperaturas (INPE, 2022), que ocasionaram períodos mais quentes e secos, também foi registrado nesses anos.

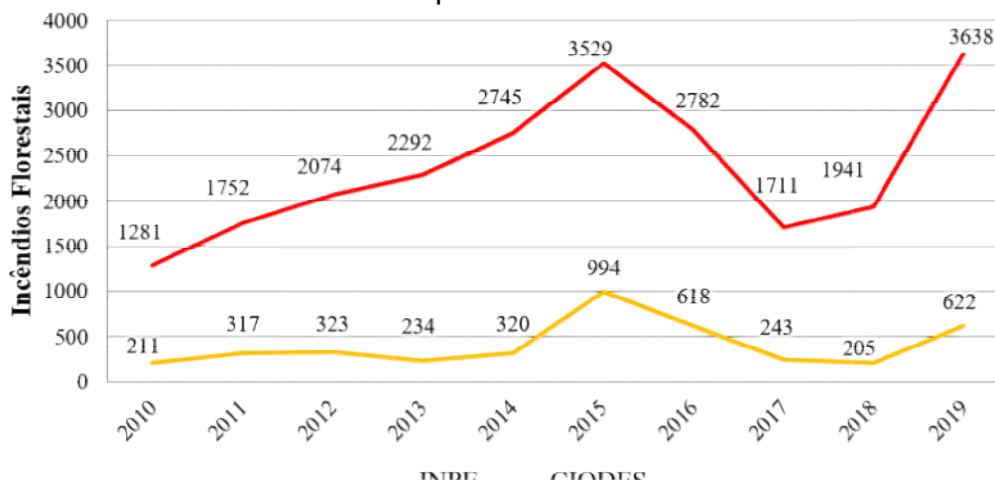
Dentro dos objetivos propostos pelo estudo, foi então elaborada a Figura 5B, com a distribuição média dos incêndios florestais, conforme dias da semana. Foram observados dois períodos principais: o primeiro, de maior frequência de incêndios, de sexta a domingo; e, o segundo, de segunda a quinta-feira, de menor frequência de incêndios. Diferentemente noutro estudo, utilizando dados de incêndios florestais em unidades de conservação em todo o território nacional, Soares, Nunes e Batista (2009) apresentaram resultados distintos, não encontrando diferença estatística, para os incêndios ocorridos entre 1998 e 2002.

Já a Figura 5C apresenta a demanda de incêndios florestais por estações do ano. Observou-se que os incêndios florestais têm sido mais frequentes nos períodos de verão (7.673 ocorrências que equivalem a 32,36%) e inverno (6.815 ocorrências que equivalem a 28,75%) para a década analisada. Assim, infere-se que as fases de planejamento e preparação para o

período anual de maior número de acionamentos poderiam ser desenvolvidas nas estações de outono e primavera. Vale frisar que, apesar das restrições impostas pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF) de proibição do uso do fogo para o período de maio a outubro, muitos incêndios foram registrados durante o inverno. Nestes meses são proibidas as queimadas controladas, exceto os previstos no Decreto Estadual nº 1402-R, de 07/12/2004 (Espírito Santo, 2004). Os números, portanto, poderiam ter sido ainda maiores se não houvesse tais restrições. A Figura 5D, referente à média de ocorrências por regiões administrativas, indica que os dados da Microrregião Metropolitana diferem estatisticamente das demais microrregiões, possivelmente pela proximidade de regiões urbanas, da mesma forma que Torres et al (2010) afirmaram em seu estudo. As informações evidenciam a necessidade de não desestruturar e desmobilizar completamente a logística e recursos humanos dos quartéis da Região Metropolitana, visto que apresentam maior demanda e densidade no Estado.

Em seguida, a Figura 6 apresenta as ocorrências registradas pelo CIODES e pelo INPE no mesmo período, para comparação quantitativa. Pelo que se observa, os dados do CIODES correspondem a um número de incêndios florestais bem superior aos detectados pelo INPE.

Figura 6. Incêndios florestais registrados pelo CIODES e focos registrados pelo INPE no estado do Espírito Santo entre 2010 e 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados fornecidos pelo CIODES e do portal do INPE.

Por meio da representação gráfica dos dados das duas fontes acima, foi possível identificar os períodos mais críticos, com destaques para os anos 2015 e 2019. Apesar das peculiaridades das formas de registro, equipamentos e metodologias utilizadas pelas Instituições envolvidas, notam-se tendências semelhantes nas curvas do gráfico. Convém ressaltar que o Programa de Monitoramento de Queimadas já garante que os produtos que disponibiliza são úteis em localidades remotas (INPE, 2020).

Este estudo possui algumas limitações, como por exemplo, por basear-se somente em ocorrências que foram atendidas pelo CBMES. Em segundo lugar, a falta de georreferenciamento das ocorrências registradas entre 2010 e 2016 também foi considerada uma limitação, pois exigiu o processo de geocodificação dos endereços, em latitude e longitude, demandando tempo considerável para execução dessa etapa. De maneira geral, as informações obtidas no presente ainda podem ser úteis para outras instituições que se interessem em realizações ações conjuntas no futuro, no intuito de prevenir, combater e controlar possíveis incêndios florestais.

4. CONCLUSÕES

Assim, o estudo possibilitou descrever de maneira satisfatória os impactos e a vulnerabilidade regional a incêndios florestais, com áreas de maior densidade de atendimentos no estado do Espírito Santo. Destacaram-se os municípios Serra, Guarapari, Cachoeiro do Itapemirim, Linhares e Vila Velha, e microrregiões Metropolitana, Rio Doce e Central-sul, em relação a ocorrências de incêndios florestais registradas pelo Corpo de Bombeiros Militar Estadual. Os períodos críticos se deram em 2015 e 2019, momentos de severa estiagem em todo o Estado, destacando-se os meses de janeiro a março (verão), e agosto a outubro (inverno); e, entre sextas-feiras e domingos. Foi possível observar também a dispersão dos incêndios florestais por diversas regiões do território estadual ao longo dos anos. De todo exposto, foram obtidas informações relevantes para a tomada de decisão por parte dos gestores competentes, a serem consideradas na priorização regional de investimentos tanto em prevenção quanto em preparo para ações de combate a incêndios florestais. Sendo assim, o presente estudo oferece subsídios para a otimização de recursos públicos, sendo uma metodologia aplicável a outras áreas de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, F. et al. Georreferenciamento postal de casos de COVID-19 na cidade de Uberaba, Minas Gerais. **Metodologias e Aprendizado**, v. 3, p. 231–247, 30 nov. 2020.

ALMEIDA, D. S. DE. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3rd ed. re ed. Ilhéus: EDITUS, 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013.

ARGAÑARAZ, J. P. et al. Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina. **Science of The Total Environment**, v. 520, p. 1–12, jul. 2015.

ARPACI, A. et al. Using multi variate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. **Applied Geography**, v. 53, p. 258–270, set. 2014.

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

BARBOSA, N. F. M. et al. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 742–747, jul. 2014.

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

BEATO, C.; ASSUNÇÃO, R. Sistemas de informação georreferenciados em segurança. In: **Compreendendo e avaliando: projetos de segurança pública**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. p. 11–62.

BRUN, C. et al. A High Performance Computing Framework for Continental-Scale Forest Fire Spread Prediction. **Procedia Computer Science**, v. 108, p. 1712–1721, 2017.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: SUZANA DRUCK, MARÍLIA SÁ CARVALHO, GILBERTO CÂMARA, A. M. V. M. (Ed.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Livraria Virtual da EMBRAPA, 2004. p. 26.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: SUZANA DRUCK, MARÍLIA SÁ CARVALHO, GILBERTO CÂMARA, A. M. V. M. (Ed.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF: Livraria Virtual da EMBRAPA, 2005. p. 37.

CANZIAN, W. P. et al. Diferentes Concentrações de Retardante de Fogo em Plantios de Eucalipto. **Nativa**, v. 4, n. 4, p. 195–198, 31 ago. 2016.

CAVATORTA, M. G.; PEREIRA, J. M.; CALDANA, N. F. DA S. **A importância e utilidades do geoprocessamento para o poder público: o exemplo de caso sobre o Sistema de Informações Geográficas de Londrina**

(SIGLON)Congresso Brasileiro da Guerra do Contestado; Colóquio de Geografias Territoriais Paranaenses e Semana de Geografia da UEL. Congresso Brasileiro da Guerra do Contestado; Colóquio de Geografias Territoriais Paranaenses e Semana de Geografia da UEL, , 2020.

CIPRIANI, H. N. et al. Fire risk map for the Serra de São Domingos Municipal Park, Poços de Caldas, MG. **CERNE**, v. 17, n. 1, p. 77–83, mar. 2011.

COWEN, D. J. **GIS versus CAD versus DBMS**: Quais são as diferenças. Leituras introdutórias em sistemas de informação geográfica. [s.l: s.n.].

DEMING, W. E. **Qualidade**: A revolução da administração. Tradução d ed. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DI PRIMA, S. et al. Comparing transient and steady-state analysis of single-ring infiltrometer data for an abandoned field affected by fire in eastern Spain. **Water**, v. 10, n. 4, p. 514, 20 abr. 2018.

ESPIRITO SANTO. Decreto estadual nº 1402-R, de 07 de dezembro de 2004. Suspende a autorização de queima controlada no período compreendido entre 1º de maio e 31 de outubro. 2004.

EUGENIO, F. C. et al. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: A case study in Espírito Santo, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 173, p. 65–71, maio 2016.

FIEDLER, N. C. et al. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 691–696, ago. 2015.

FIEDLER, N. C. et al. Firefighting combat with fire retardants at different concentrations. **FLORESTA**, v. 50, n. 1, p. 1107, 20 dez. 2019.

INCAPER - INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO. **Incêndios florestais e a situação do Espírito Santo**. Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/incendios-florestais-e-a-situacao-do-espirito-santo>>. Acesso em: 7 abr. 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas**. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: 31 dez. 2020.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

KESSTRA, S. et al. Soil-Related Sustainable Development Goals: Four Concepts to Make Land Degradation Neutrality and Restoration Work. **Land**, v. 7, n. 4, p. 133, 10 nov. 2018.

KOUTSIAS, N.; BALATSOS, P.; KALABOKIDIS, K. Fire occurrence zones: kernel density estimation of historical wildfire ignitions at the national level, Greece. **Journal of Maps**, v. 10, n. 4, p. 630–639, 2 out. 2014.

LITTELL, J. S. et al. A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. **Global Change Biology**, v. 22, n. 7, p. 2353–2369, jul. 2016.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., RHIND, D. **Geographical Information Systems and Science**. 2. ed. [s.l: s.n.].

MAVSAR, R.; GONZÁLEZ CABÁN, A.; VARELA, E. The state of development of fire management decision support systems in America and Europe. **Forest Policy and Economics**, v. 29, p. 45–55, abr. 2013.

MORA, J. L. et al. A comparative study of long-term effects on fire-affected volcanic soils in two different ecosystems in the canary islands. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 5, p. 1489–1500, 2 jul. 2016.

MOTA, P. H. S. et al. Forest fire hazard zoning in Mato Grosso State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 88, p. 104206, nov. 2019.

NOVARA, A. et al. The impact of fire on redistribution of soil organic matter on a mediterranean hillslope under maquia vegetation type. **Land Degradation & Development**, v. 22, n. 6, p. 530–536, nov. 2011.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. **FLORESTA**, v. 36, n. 1, 24 ago. 2006.

PIROMAL, R. A. S. et al. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77–84, 2008.

RIBEIRO, L. et al. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **FLORESTA**, v. 38, n. 3, 30 set. 2008.

RIBEIRO, L.; SOARES, R. V.; BEPLER, M. Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil.

CERNE, v. 18, n. 1, p. 117–126, mar. 2012.

RODRÍGUEZ, M. P. R. et al. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de monte alegre, brasil, e de pinar del río, Cuba. **Floresta**, v. 43, n. 2, p. 231–240, 2013.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability**. Londres: Chapman and Hall, 1986.

SLUTER, C. R.; IESCHECK, A. LOPES; BRAVO, J. V. M. **Capítulo 3 Mapas Coropléticos**. Disponível em: <<http://www.cartografica.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2011/10/Mapas-Coropleticos-v1.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2018.

SOARES, R. V.; NUNES; JOSE RENATO SOARES; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais no Brasil: o Estado da Arte**. 1. ed. Curitiba: [s.n.].

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais controle, efeitos e uso do fogo**. 1. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

SORIANO, B. M. A.; DANIEL, O.; SANTOS, S. A. Eficiência de índices de risco de incêndios para o Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, 30 dez. 2015.

SOUZA NETO, L. T. DE et al. O uso do mapa de Kernel como subsídio para identificação da dispersão dos focos de queimadas no município de Mossoró (RN). **Revista de Geografia**, v. 38, n. 2, p. 244, 23 jul. 2021.

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. et al. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **CERNE**, v. 21, n. 3, p. 345–351, set. 2015.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Forest fire risk zone mapping for Irati National Forest, State of Parana, Brazil [Zoneamento de risco de incêndios florestais para a Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná Brasil]. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 40, n. 94, p. 259–265, 2012.

TORRES, F. T. P. et al. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 297–303, 2010.

TORRES, F. T. P. et al. Perfil dos incêndios florestais em Unidades de Conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **FLORESTA**, v. 46, n. 4, p. 531, 2 jan. 2017.

TURCHETTO, N. L. et al. O uso do Quantum GIS (QGIS) para caracterização e delimitação de área degradada por atividade de mineração de basalto no município de Tentente Portela (RS). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 2, 31 ago. 2014.

WANG, C. et al. Fire alters vegetation and soil microbial community in alpine meadow. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 5, p. 1379–1390, 20 jul. 2016.

WHITE, B. L. A. et al. Eficiência de modelos de previsão do comportamento do fogo em plantações comerciais de eucalipto no Brasil. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 389–396, dez. 2016.

ZHANG, Z. et al. Spatial distribution of grassland fires at the regional scale based on the MODIS active fire products. **International Journal of Wildland Fire**, v. 26, n. 3, p. 209, 2017.