

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HEITOR RENAN FERREIRA

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO NA REGIÃO
METROPOLITANA DE CURITIBA-PR, NO PERÍODO DE 2011 A 2016

CURITIBA

2021

HEITOR RENAN FERREIRA

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO NA REGIÃO
METROPOLITANA DE CURITIBA-PR, NO PERÍODO DE 2011 A 2016

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2021

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Ferreira, Heitor Renan

Análise das ocorrências de incêndios em vegetação na região metropolitana de Curitiba-PR, no período de 2011 a 2016 / Heitor Renan Ferreira. - Curitiba, 2021.

137 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/01/2021.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Incêndios florestais - Curitiba, Região Metropolitana de (PR).
2. Incêndios florestais - Prevenção e controle. 3. Fogo - Curitiba, Região Metropolitana de (PR). 4. Teses. I. Batista, Antonio Carlos. II. Tetto, Alexandre França. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.43(816.2)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **HEITOR RENAN FERREIRA** intitulada: **ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-PR, NO PERÍODO DE 2011 A 2016**, sob orientação do Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BATISTA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 22 de Janeiro de 2021.

Assinatura Eletrônica

22/01/2021 14:43:48.0

ANTONIO CARLOS BATISTA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/01/2021 13:31:28.0

MARCOS VINICIUS GIONGO ALVES

Avaliador Externo (FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS)

Assinatura Eletrônica

22/01/2021 16:44:44.0

ALEXANDRE BEUTLING

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL)

Avenida Lothário Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4212 - E-mail: pgfloresta@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 69933

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 69933

AGRADECIMENTOS

Considero que minha jornada acadêmica teve início lá atrás, pois em forma de pré-requisitos cada etapa foi sendo concluída, culminando no atual desafio e ampliando possibilidades para voos mais altos. Minha gratidão a todos meus mestres do passado que lecionaram junto à Escola Estadual Ezequiel Nunes Filho, ao Colégio Florestal Estadual Presidente Costa e Silva, à Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná e à Universidade Federal do Paraná, instituições estas que me orgulho de ter feito parte.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Batista por depositar confiança e dedicação para a orientação deste trabalho e ao Prof. Dr. Alexandre França Tetto pelas valorosas contribuições em sua coorientação. Agradeço por terem me acolhido com seus conselhos e ensinamentos desde o início de minha graduação, auxiliando na lapidação da minha caminhada pessoal, acadêmica e profissional.

À minha esposa Amanda Breda, pelo incentivo, paciência e amor dedicado desde o primeiro dia em que passou a fazer parte da minha vida. De forma análoga a um esteio, se tornou um suporte primordial para a conclusão de mais um capítulo.

A todos meus familiares pelo apoio dado nessa jornada, especialmente à minha irmã Angelita Maria Ferreira pelo auxílio na conclusão da atual etapa.

Aos meus amigos que contribuíram com palavras e atitudes incentivadoras, bem como aos que sugeriram melhorias para conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alexandre Beutling e ao Prof. Dr. Marcos Vinicius Giongo Alves pela avaliação como membros da banca examinadora e pelas valiosas sugestões.

Ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, pela autorização do uso dos dados.

Por fim, a sociedade em geral, que a partir da utilização de seus impostos, possibilitaram o custeio dessa estrutura acadêmica, me permitindo adquirir conhecimentos e experiências em uma universidade pública e de qualidade.

A grandeza dos seres humanos não é mensurada pelos seus títulos, mas sim pelo tamanho de seu coração.

RESUMO

Os incêndios em vegetação têm apresentado uma tendência de crescimento em diversos lugares do planeta Terra, afetando diretamente e indiretamente a vida, com elevados danos econômicos e socioambientais. O comportamento histórico dos registros de incêndios permite compreender as causas (quando informado), os períodos e os locais com maior incidência deste evento, servindo de subsídio para elaboração de políticas preventivas e ações de combate. Com isso, evidencia-se a importância da coleta e de uma interpretação fidedigna de informações relacionadas aos incêndios. Esta pesquisa teve por objetivo analisar e espacializar as ocorrências de incêndios na vegetação de Curitiba e sua região metropolitana, no período de 2011 a 2016, por meio da base de dados dos Registros Gerais de Ocorrências (RGOs) do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná. A partir da obtenção desses dados, foi realizada a análise individual dos registros classificados pela corporação como “incêndios ambientais”, verificando a descrição da situação encontrada no local, ações realizadas e bens atingidos, classificando-os como “incêndio em vegetação” ou “outros tipos de incêndio”. A análise dos dados foi realizada com base na frequência dos incêndios e área queimada estimada nos dias da semana, meses, anos e municípios da região metropolitana de Curitiba, bem como a análise do horário do acionamento das viaturas para os respectivos atendimentos. Os resultados apontaram que dos 7.548 registros de “incêndio ambiental”, 5.472 registros (72,5%) foram considerados incêndios em vegetação. Ao distribuir pelos meses do ano, foi verificado que a estação normal de perigo de incêndios situa-se nos meses de junho a setembro, corroborando com o período crítico obtido por outros estudos. A maior concentração de incêndios e área queimada se deu no período compreendido entre 13 e 16:59h. Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas na frequência e severidade dos incêndios de acordo com os dias da semana. O município de Curitiba foi o que apresentou maior valor absoluto de registros e de densidade de incêndios, enquanto o município de São José dos Pinhais foi o mais afetado pela extensão de área queimada, seguido pelo município de Piraquara. Quanto às variáveis meteorológicas, foi verificada forte correlação (0,731) do número de dias sem precipitação com o número de ocorrências de incêndios. A geolocalização das ocorrências de incêndios foi abundante em áreas classificadas como “infraestrutura urbana”, indicando a possibilidade de que a presença antrópica influencia a ocorrência dos incêndios na área de estudo. O comportamento da FMA foi satisfatório, porém se mostrou necessária a realização de ajustes nos intervalos de grau de perigo para apresentar maior efetividade. Pode-se concluir que o planejamento e organização de ações de combate devem anteceder e compor o período de julho a setembro, priorizando o horário das 13 às 16:59h, sem distinção relacionada aos dias da semana, voltado prioritariamente para os municípios de Curitiba, São José dos Pinhais e Piraquara.

Palavras-chave: Incêndios florestais. Interface urbano-rural. Prevenção e combate aos incêndios. Índice de predição. Estatística de incêndios

ABSTRACT

Vegetation fires have shown a growing trend in several places on planet Earth, directly and indirectly affecting life, with high economic and socio-environmental damage. The fire records historical behavior allows us to understand the causes (when informed), the periods and the places with the highest incidence of this event, serving as a subsidy for the elaboration of preventive policies and combat actions. Thus, the importance of collecting and reliable interpretation of information related to fires is evidenced. This research aimed to analyze and spatialize the occurrences of vegetation fires in Curitiba and its metropolitan region, from 2011 to 2016, through the database of the General Records of Occurrences (RGOs) of the Fire Department of the Military Police of Paraná. From obtaining these data, an individual analysis of the records classified by the corporation as “environmental fires” was carried out, verifying the description of the situation found at the site, actions taken and assets affected, classifying them as “vegetation fire” or “other types of fire”. Data analysis was performed based on the frequency of fires and the burnt area estimated on the days of the week, months, years and municipalities in the metropolitan region of Curitiba, as well as the analysis of the time when vehicles were called for the respective calls. The results showed that of the 7,548 “environmental fire” records, 5,472 records (72.5%) were considered vegetation fires. When spreading over the months of the year, it was verified that the normal fire hazard season is located from June to September, corroborating the critical period obtained by other studies. The highest concentration of fires and burned area occurred between 1 pm and 4:59 pm. There were no statistically significant differences in the frequency and severity of fires according to the days of the week. The municipality of Curitiba was the one with the highest absolute value of records and density of fires, while the municipality of São José dos Pinhais was the most affected by the extent of the burned area, followed by the municipality of Piraquara. As for the meteorological variables, a strong correlation (0.731) was verified between the number of days without precipitation and the number of fire occurrences. The geolocation of fire occurrences was abundant in areas classified as “urban infrastructure”, indicating the possibility that the anthropic presence influences the occurrence of fires in the study area. The behavior of the FMA was satisfactory, but will need to make adjustments in the degree interval of danger to be more effective. It can be concluded that the planning and organization of combat actions must precede and compose the period from July to September, prioritizing the time from 1 pm to 4:59 pm, without distinction related to the days of the week, focusing primarily on the municipalities of Curitiba, São José dos Pinhais and Piraquara.

Keywords: Forest fires. Wildland-urban interface. Fire prevention and combat. Prediction index. Fire statistics.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO CANADÁ NO PERÍODO DE 2010 A 2018.....	28
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MÉXICO NO PERÍODO DE 1998 A 2019.....	29
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA ARGENTINA NO PERÍODO DE 2008 A 2017.....	30
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ E DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	33
FIGURA 5 - MAPA DA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA A ÁREA DE ESTUDO	35
FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO PERÍODO DE 2011 A 2016 NA ÁREA DE ESTUDO.....	36
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO PERÍODO DE 1950 A 1990 NA ÁREA DE ESTUDO.....	38
FIGURA 8 - MAPA FITOGEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
FIGURA 9 - MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO.....	43
FIGURA 10 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM ENTULHO" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"	45
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NA ÁREA DE ESTUDO	47
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DECISÓRIO PARA ANÁLISE DA RGO E CLASSIFICAÇÃO DE INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO.....	49
FIGURA 13 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"	50
FIGURA 14 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO EM CONJUNTO COM OUTROS MATERIAIS" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"	51
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS	52
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DA VALIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE ÁREA QUEIMADA, GEOLOCALIZAÇÃO E TIPO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA	53

FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DAS INFORMAÇÕES ANALISADAS E SUAS DISTRIBUIÇÕES	55
FIGURA 18 - ÁREA ABRANGIDA PELA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CURITIBA.....	56
FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA APLICAÇÃO DA ANOVA OU DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS (CLUSTER)	59
FIGURA 20 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA APLICAÇÃO DA CORRELAÇÃO DE PEARSON OU SPEARMAN	60
FIGURA 21 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DA FMA	62
FIGURA 22 - DENSIDADE DE KERNEL PARA AS OCORRÊNCIAS COM LOCALIZAÇÃO VÁLIDA.....	111
FIGURA 23 - DENSIDADE DE PONTOS EM FUNÇÃO DA ÁREA QUEIMADA PARA AS OCORRÊNCIAS COM LOCALIZAÇÃO VÁLIDA.....	113

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA DO PERÍODO DE 2011 A 2016 E DA PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 1981 A 2010	37
GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA NO PERÍODO DE 2011 A 2016 E DA TEMPERATURA MÉDIA NORMAL NO PERÍODO DE 1981 A 2010.....	39
GRÁFICO 3 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO	73
GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DO TOTAL DO NÚMERO DE DIAS ANUAIS COM INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	74
GRÁFICO 5 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DOS DIAS COM INCÊNDIO.....	74
GRÁFICO 6 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DA DI E DH DE ACORDO COM OS MUNICÍPIOS	81
GRÁFICO 7 - DISTÂNCIA EUCLIDIANA AO QUADRADO DA DI E DH DE ACORDO COM OS MUNICÍPIOS	82
GRÁFICO 8 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO	85
GRÁFICO 9 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO.....	86
GRÁFICO 10 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO	87
GRÁFICO 11 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA MÉDIA DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO	88
GRÁFICO 12 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA MÉDIA DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO	88
GRÁFICO 13 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DA ÁREA QUEIMADA E DA MÉDIA DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO	89

GRÁFICO 14 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	93
GRÁFICO 15 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DE DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	94
GRÁFICO 16 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DA PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	95
GRÁFICO 17 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DOS DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	95
GRÁFICO 18 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	96
GRÁFICO 19 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DOS DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO	96
GRÁFICO 20 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO	98
GRÁFICO 21 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO	99
GRÁFICO 22 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO	99
GRÁFICO 23 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO	100
GRÁFICO 24 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO	101
GRÁFICO 25 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO	101
GRÁFICO 26 - DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO	103

GRÁFICO 27 - DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO TOTAL DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO	104
GRÁFICO 28 - DISTRIBUIÇÃO POR INTERVALOS HORÁRIOS DO TOTAL DE NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO	106
GRÁFICO 29 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO	106
GRÁFICO 30 - DISTÂNCIA EUCLIDIANA AO QUADRADO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO	107
GRÁFICO 31 - DISTRIBUIÇÃO POR INTERVALOS HORÁRIOS DO TOTAL DE ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO	107
GRÁFICO 32 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DA ÁREA QUEIMADA NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO	108
GRÁFICO 33 - DISTÂNCIA EUCLIDIANA AO QUADRADO DA ÁREA QUEIMADA NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO	109
GRÁFICO 34 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS DO PERÍODO ANALISADO DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO	115
GRÁFICO 35 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO	116
GRÁFICO 36 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO	118

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS ANUAIS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS RELATIVAS AO NÚMERO DE INCÊNDIOS E ÁREA QUEIMADA PARA A EUROPA, ÁSIA, ORIENTE MÉDIO E NORTE DA ÁFRICA, NO PERÍODO DE 2010 A 2018	26
TABELA 2	- DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA NO PERÍODO DE 2010 A 2019	28
TABELA 3	- DADOS GERAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	34
TABELA 4	- VALORES DA CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO (2016)	42
TABELA 5	- COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	46
TABELA 6	- MUNICÍPIOS PERTENCENTES À SUBÁREA DE ESTUDO	57
TABELA 7	- CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE CORRELAÇÃO	60
TABELA 8	- RESTRIÇÕES À SOMATÓRIA DA FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA	61
TABELA 9	- ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	61
TABELA 10	- TABELA DE CONTINGÊNCIA	63
TABELA 11	- CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA	63
TABELA 12	- DISTRIBUIÇÃO DA VALIDAÇÃO POSITIVA DOS REGISTROS CLASSIFICADOS COMO INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO.....	65
TABELA 13	- DISTRIBUIÇÃO DAS CORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DE ÁREA QUEIMADA	68
TABELA 14	- DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DAS COORDENADAS DE LOCALIZAÇÃO	69
TABELA 15	- DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DO TIPO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA.....	71
TABELA 16	- VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO NO PERÍODO DE 2011 A 2016.....	75
TABELA 17	- RELAÇÃO DOS VALORES ANUAIS ENTRE AS VARIÁVEIS DE INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	75
TABELA 18	- DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS ANUAIS POR MUNICÍPIO	78

TABELA 19 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS ANUAIS POR MUNICÍPIO (ha).....	79
TABELA 20 - DENSIDADES DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS POR 1.000 HABITANTES E POR 1.000 HA DE ÁREA DO MUNICÍPIO	80
TABELA 21 - AGRUPAMENTO DOS MUNICÍPIOS DE ACORDO COM A ANÁLISE DE CONGLOMERADO	82
TABELA 22 - DISTRIBUIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO	83
TABELA 23 - CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE A MÉDIA MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS, ÁREA QUEIMADA E NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO	89
TABELA 24 - DISTRIBUIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO	114
TABELA 25 - DISTRIBUIÇÃO DOS DIAS DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO CONSIDERANDO INTERVALOS DE CLASSE FIXOS DE QUATRO OCORRÊNCIAS AO DIA	117
TABELA 26 - DIAS COM INCÊNDIO DE ACORDO COM OS DIAS PREVISTOS DE DETERMINADO GRAU DE PERIGO	117
TABELA 27 - RESULTADOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA A SUBÁREA DE ESTUDO	119
TABELA 28 - RESULTADOS DE SS E PS OBTIDOS POR DIFERENTES ESTUDOS	120
TABELA 29 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS À TAXA DE VALIDAÇÃO E INFORMAÇÕES TERRITORIAIS	132
TABELA 30 - CORRELAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS À TAXA DE VALIDAÇÃO E INFORMAÇÕES TERRITORIAIS.....	132
TABELA 31 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES ANUAIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	132
TABELA 32 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES MENSIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	133

TABELA 33 - CORRELAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES MENSAIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	133
TABELA 34 - NORMALIDADE DOS DADOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO MENSAIS	134
TABELA 35 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	134
TABELA 36 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS.....	134
TABELA 37 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA ÁREA QUEIMADA	134
TABELA 38 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA ÁREA QUEIMADA	135
TABELA 39 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO	135
TABELA 40 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO	135
TABELA 41 - NORMALIDADE DOS DADOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO SEMANAIS.....	136
TABELA 42 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	136
TABELA 43 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DA ÁREA QUEIMADA.....	136
TABELA 44 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO POR INTERVALO HORÁRIO	136
TABELA 45 - TABELA DE CONTIGÊNCIA.....	136
TABELA 46 - CÁLCULOS DA TABELA DE CONTIGÊNCIA.....	137

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	- Análise de Variância
BBC	- <i>British Broadcasting Corporation</i>
BDMEP	- Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAL FIRE	- <i>California Department of Forestry and Fire Protection</i>
CIFFC	- <i>Canadian Interagency Forest Fire Centre Inc.</i>
CONAFOR	- <i>Comisión Nacional Forestal</i> (México)
CONAF	- <i>Comisión Nacional Forestal</i> (Chile)
CCB	- Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná
DI	- Densidade do número de registros por mil ha de área do município
DH	- Densidade da média do número de registros por mil habitantes
EFFIS	- <i>European Forest Fire Information System</i>
FAO	- <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FMA	- Fórmula de Monte Alegre
IAPAR	- Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITCG	- Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná
IUFRO	- <i>International Union of Forest Research Organizations</i>
JRC	- <i>Joint Research Centre</i>
MAPBIOMAS	- Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil
NIFC	- <i>National Interagency Fire Center</i>
NWCG	- <i>National Wildfire Coordinating Group</i>
PS	- Porcentagem de Sucesso
RMC	- Região Metropolitana de Curitiba
SFB	- Serviço Florestal Brasileiro
SNK	- Student Newman Keuls
SS	- <i>Skill Score</i>
SYSBM-CCB	- Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	O FOGO E O COMBUSTÍVEL VEGETAL	18
2.2	INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO	19
2.3	ESTATÍSTICAS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO	23
2.3.1	Ocorrência de incêndios no globo terrestre	24
2.4	FATORES METEOROLÓGICOS RELACIONADOS AOS INCÊNDIOS.....	30
2.5	PREDIÇÃO DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	ÁREA DE ESTUDO	32
3.1.1	Clima.....	34
3.1.2	Vegetação.....	39
3.2	OBTENÇÃO DE DADOS	44
3.2.1	Registros de incêndios.....	44
3.2.2	Variáveis meteorológicas.....	46
3.3	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	48
3.3.1	Registro de incêndios	48
3.3.2	Variáveis meteorológicas.....	56
3.3.3	Testes estatísticos	57
3.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIO	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1	VALIDAÇÃO DOS DADOS.....	65
4.1.1	Número de ocorrências.....	65
4.1.2	Área queimada	67
4.1.3	Localização das coordenadas das ocorrências	69
4.1.4	Tipo de vegetação atingida.....	70
4.2	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS ANUAIS	72
4.2.1	Número de ocorrências, área queimada e número de dias com incêndio	72
4.2.2	Densidades de incêndios por município	77

4.2.3	Tipo de vegetação atingida.....	83
4.3	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS MENSASIS	84
4.3.1	Número de ocorrências.....	84
4.3.2	Área queimada	85
4.3.3	Número de dias com incêndio	86
4.3.4	Correlação das médias das variáveis das ocorrências mensais.....	87
4.3.5	Definição da estação normal de perigo de incêndios	89
4.3.6	Relação com variáveis meteorológicas.....	93
4.4	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS SEMANAIS.....	103
4.5	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS POR INTERVALO HORÁRIO.....	105
4.6	ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS	110
4.7	DESEMPENHO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	115
5	CONCLUSÕES	121
	REFERÊNCIAS.....	122
	APÊNDICE 1 – TESTES ESTATÍSTICOS.....	132

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios em vegetação têm apresentado uma tendência de crescimento em diversos lugares do planeta Terra, afetando diretamente e indiretamente a vida, com elevados danos econômicos e socioambientais. Diferentes pesquisas procuram compreender a dinâmica da ocorrência dos incêndios a nível global, porém a heterogeneidade de características edafoclimáticas, de uso e ocupação do solo, bem como comportamentos culturais antrópicos, trazem especificidades a serem trabalhadas a nível local.

A região metropolitana de Curitiba, localizada a leste do estado do Paraná, possui extensa área de vegetação, incluindo áreas agropecuárias, plantios florestais, florestas remanescentes e lotes urbanos com vegetação, compondo uma floresta urbana, zonas de interface urbano-rural e zonas rurais propriamente dita.

Geralmente, os estudos relacionados às ocorrências de incêndios em vegetação têm por objetivo a compreensão das causas, dos períodos e dos locais em que mais ocorrem, servindo de subsídio para elaboração de políticas preventivas, evidenciando assim a importância de coleta e interpretação fidedigna de informações relacionadas aos registros deste evento.

Devido à falta de padronização na conceituação dos incêndios em vegetação, em consonância com as informações coletadas no atendimento de uma ocorrência, há dificuldades na caracterização dos incêndios, bem como problemas em comparações posteriores com outras localidades, trazendo prejuízos para o planejamento e tomadas de decisões.

Os dados dispostos em ambientes informatizados auxiliam na agilidade da análise, porém se não forem seguidos critérios técnicos na apuração destes, poderá haver distorção na interpretação e divulgação de informações. O correto processamento dos dados pode direcionar as ações mais eficientes para o combate e prevenção, evitando investimentos preventivos altos, além do necessário para proteção contra os incêndios ou investimentos preventivos pequenos, ocasionando possíveis prejuízos socioeconômicos e ambientais.

Dentre as diversas estratégias preventivas existentes, que utilizam as informações oriundas do histórico de registros de incêndios, há a possibilidade de implantação de protocolos de acionamento de guarnições auxiliares para o combate ao fogo. Nesse contexto, os índices de predição de incêndio se mostram eficientes,

pois classificam de acordo com um grau de perigo a probabilidade da ocorrência de incêndios, trazendo ao gestor uma vantagem na antecipação destes eventos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa teve por objetivo analisar e espacializar as ocorrências de incêndios em vegetação para Curitiba e sua região metropolitana, no período de 2011 a 2016.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Quantificar, espacializar e classificar as ocorrências de incêndios em vegetação e sua área queimada em função da hora de início do evento, dia da semana, mês e ano de ocorrência;
2. Correlacionar as variáveis meteorológicas de acordo com a distribuição mensal das ocorrências de incêndios no período;
3. Avaliar o comportamento do índice “Fórmula de Monte Alegre” (FMA) na previsão do perigo de incêndios para Curitiba e demais municípios da região metropolitana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O FOGO E O COMBUSTÍVEL VEGETAL

A dualidade do fogo apresenta aspectos positivos e negativos, estando presente na civilização humana há pelo menos 500.000 anos. Quando está sob controle é utilizado para o cozimento, fornecimento de energia, movimento de veículos e até mesmo o envio do homem para o espaço. Porém, quando descontrolado pode ser prejudicial e desastroso, afetando a saúde humana e os meios de subsistência (GAYLOR, 1974; HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; MYERS, 2006; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

O fogo é uma reação química, também chamada de oxidação rápida, sendo seu processo semelhante à formação de ferrugem em um pedaço de ferro, mas com a particularidade de que no fogo, o processo é tremendamente acelerado. Quando as substâncias contidas em um material combustível são afetadas por calor suficiente, um gás inflamável é liberado, que em conjunto com o oxigênio e calor contínuo, dá início às chamas. O fornecimento contínuo de calor, obtido pela própria combustão, fará com que o processo continue enquanto houver oxigênio suficiente adicionado ao gás combustível. Denomina-se essa interação dos três elementos (material combustível, oxigênio e calor) como “triângulo do fogo” (CLAR; CHATTEN, 1966; GAYLOR, 1974; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

De acordo com Delgado, Fababú e Terrén (2009), no material vegetal, o processo de combustão se divide em seis fases, sendo elas: pré-aquecimento, pirólise, ponto de ignição (auto inflamação), combustão gasosa, combustão sólida e esfriamento. Gaylor (1974) e Soares, Batista e Tetto (2017) agrupam o processo em três fases: pré-aquecimento, combustão gasosa e incandescência.

No pré-aquecimento há a eliminação da água do material combustível, gerando fumaça branca (vapor da água em sua maioria), com ausência de chamas. Durante essa fase ocorre o processo de pirólise (degradação térmica), com a elevação da temperatura e início da volatilização de resinas e óleos essenciais (gases inflamáveis), até alcançar uma temperatura de 260 a 400 °C relativo ao ponto de ignição (GAYLOR, 1974; DELGADO; FABABÚ; TERRÉN, 2009; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Ainda de acordo com Gaylor (1974) e Soares, Batista e Tetto (2017), na fase de combustão gasosa os gases liberados pelo material combustível se incendeiam, produzindo chamas e altas temperaturas suficientes para a combustão gasosa continuar, podendo atingir 1.250 °C. Na fase da incandescência o combustível é consumido, restando apenas cinzas.

Delgado, Fababú e Terrén (2009) dividem a fase da incandescência nas fases de combustão sólida e resfriamento, onde a primeira é caracterizada pela ausência de chamas e início da combustão sólida em forma de brasa do carvão vegetal, e a segunda é a fase final onde ocorre uma diminuição do calor gerado na combustão sólida até sua extinção e geração de cinzas.

No que tange ao combustível vegetal, define-se como qualquer material orgânico, vivo ou morto, na superfície do solo, abaixo deste ou no ar, sujeito à ignição e queima. Há diversas combinações de tipo, disposição, tamanho e arranjo (GAYLOR, 1974; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017), incluindo uma associação de combustíveis florestais e habitações humanas. Combustíveis leves como grama, pequenos galhos e pequenos arbustos tendem a absorver e liberar rapidamente a umidade, tornando-se combustíveis de queima rápida (GAYLOR, 1974). Sua composição se dá basicamente de celulose, com maior ou menor proporção de lignina (lenhosa ou herbácea) e substâncias extrativas, principalmente resinas e óleos essenciais (VÉLEZ, 2009a).

A ocorrência de um incêndio se dá em qualquer tipo de vegetação quando as condições são favoráveis à queima (GAYLOR, 1974) e há impacto em praticamente todas as regiões do mundo, sendo que em muitos ecossistemas aparece como uma força essencial e ecologicamente significativa e em outros como um processo não natural, conduzindo à destruição da vegetação e degradação à longo prazo (GOLDAMMER, 2000), especialmente em ecossistemas compostos de plantas e animais sem adaptações para suportar ou tirar proveito do fogo (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005).

2.2 INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO

O termo relativo a incêndio florestal apresenta diversas definições ao redor do mundo, o que dificulta a quantificação e comparação de regiões atingidas por este evento.

De acordo com Vélez (2009b, p. 3), na Espanha o termo refere-se:

...ao fogo que se estende sem controle sobre combustíveis florestais situados em todos os terrenos que apresentam espécies florestais arbóreas, arbustivas ou herbáceas, nativas ou plantadas, que cumpram ou possam cumprir funções ambientais, protetoras, produtivas, culturais, paisagísticas ou recreativas, e que afetem a vegetação que não estava destinada a queimar.

Exclui-se a queima controlada, salvo se sair do controle.

Ainda de acordo com Vélez (2009b), as definições nos diferentes países são:

a) Portugal: compreende o fogo sem controle com início em um terreno florestal (superfície coberta por espécies arbóreas com uma densidade superior a 10% e uma extensão superior a 2.000 m²) ou terras não cultivadas (zonas de mata com árvores dispersas e prados, bem como nas terras sem intervenção humana).

b) Itália: fogo em bosque ou terreno florestal (superfície superior a 5.000 m² que apresenta espécies lenhosas, arbóreas e arbustivas, cuja superfície coberta seja superior a 50%) que produz danos econômicos ou afeta as funções protetoras ou recreativas de uma floresta.

c) França: todo fogo que se apresenta nas superfícies de um bosque (formação vegetal constituída por espécies florestais com cobertura superior a 10%, ou com mais de 500 indivíduos florestais por hectare), cultivos abandonados, pastos e matagal.

d) Marrocos: consideram-se incêndios florestais os que afetam as superfícies arbóreas ou de matagal que formam o domínio florestal do estado ou estão submetidos a um regime florestal.

e) Tunísia: consideram-se incêndios florestais os que afetam as zonas de vegetação lenhosa ou plantações de mais de 4 hectares, segundo o Código Florestal da Tunísia.

f) Grécia: é o fogo que se encontra nos terrenos florestais (superfície totalmente ou parcialmente coberta por vegetação lenhosa de todas as idades e alturas, formando um conjunto homogêneo). Exclui-se os pastos, cultivos e a interface urbano rural.

g) Chipre: consideram-se incêndios florestais os que iniciam dentro das florestas públicas. Também inclui os que iniciam em terrenos privados a menos de 1 km da periferia das florestas públicas.

h) Bulgária: compreendem todos os fogos que se desenvolvem em florestas, plantações, viveiros, pastos, etc, assim como nas construções que se encontram nestes terrenos.

i) Turquia: todos os fogos que afetam áreas madeiráveis e zonas de mata.

Nos Estados Unidos da América, incêndio florestal é definido de diferentes formas para fins legais, de acordo com o estado. Na Califórnia, por exemplo, é definido como o incêndio não controlado em áreas com cobertura total ou parciais de madeira, vegetação, grama, grãos ou outras vegetações inflamáveis (*NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP* (NWCG), 2018).

Ainda de acordo com o mesmo autor, nos Estados Unidos da América se utiliza o termo “*wildfire*”, que se refere à um incêndio florestal originado por uma ignição não planejada, como por exemplo raios, vulcões e incêndios de causa antrópica, seja de forma não intencional ou sem a devida autorização, bem como por incêndios prescritos declarados como incêndios florestais.

No Canadá, de acordo com o *Canadian Interagency Forest Fire Centre Inc.* (CIFFC, 2017), considera-se incêndio florestal como qualquer incêndio, seja natural ou de causa humana não planejada ou indesejada, que esteja queimando em áreas de floresta, grama ou vegetação alpina/tundra.

De acordo com a *Comisión Nacional Forestal* (CONAFOR, 2010) pertencente ao governo do México, um incêndio florestal ocorre quando o fogo se estende de maneira descontrolada, afetando as florestas, as selvas ou a vegetação de zonas áridas e semiáridas.

De acordo com Ojeda *et al.* (2015), no Chile a definição de incêndio florestal se baseia no fogo de qualquer origem e tamanho, que se propaga sem controle em terrenos rurais e áreas da interface urbano-florestal, através de vegetações lenhosas e/ou herbáceas, vivas ou mortas.

Na Costa Rica, de acordo com o *Sistema Nacional de Áreas de Conservación* (2020), incêndio florestal é um fogo que se propaga sem controle em qualquer tipo de ecossistema, produzido por causas antrópicas ou naturais, causando sérios danos ecológicos, climáticos e socioeconômicos.

Na Argentina, de acordo com o *Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo* (2020), considera-se um incêndio florestal como um fogo descontrolado de rápida propagação, afetando as florestas, planícies, pastos entre outros. Ainda no

respectivo país, a *Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación* (2018) considera incêndio todo o fogo, seja produzido por causas humanas ou naturais, que se propaga sem controle em uma paisagem florestal, afetando o solo e a biodiversidade do local.

Pelo fato de que em diferentes regiões as estatísticas não são claras se os incêndios florestais contabilizados se referem aos incêndios em áreas florestais conforme definição da *Food and Agriculture Organization* (FAO) ou outras definições administrativas locais, a própria organização optou em tratar o tema de incêndio florestal como incêndio em qualquer tipo de vegetação de acordo com a *Gestão do Fogo - Avaliação Global* (FAO, 2007).

Os bancos de dados utilizados pelo Sistema Europeu de informações sobre Incêndios Florestais (*European Forest Fire Information System - EFFIS*) consideram incêndios florestais como incêndios descontrolados de vegetação que se espalham total ou parcialmente na floresta e/ou em outras áreas arborizadas (CAMIA; DURRANT; SAN-MIGUEL-AYANZ, 2014).

De acordo com a *International Union of Forest Research Organizations* (IUFRO, 2018) devido as diferentes terminologias, considera-se incêndio florestal como um termo abrangente para incêndios em vegetação controláveis e incontroláveis, com impactos na paisagem, incluindo terras agrícolas, pastagens, matagais e turfeiras.

No Brasil, incêndio florestal é definido como o fogo sem controle que incide em qualquer forma vegetacional, podendo ter um agente causador antrópico ou natural (RAMOS, 1995; INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO), 2010).

Soares, Batista e Tetto (2017) definem incêndio florestal como um fogo fora de controle no interior de uma floresta que possui livre propagação e consome diferentes tipos de materiais combustíveis. Ainda, segundo os autores, frequentemente o termo é generalizado para a definição em outros tipos de vegetação.

De acordo com o decreto estadual nº 4.223, de 14 de abril de 1998, em seu artigo 1º (PARANÁ, 1998), no estado do Paraná “considera-se incêndio florestal, todo fogo sem controle sobre qualquer forma de vegetação, provocado pelo homem intencionalmente ou por negligência, ou ainda por fonte natural”.

2.3 ESTATÍSTICAS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO

A estatística de ocorrências de incêndios em vegetação é importante para a minimização dos danos causados por este evento, sendo fundamental para a confecção de planos preventivos. Para isso, são necessárias informações acerca do histórico de ocorrências de um período mínimo dos últimos 5 anos, com registros de acordo com os meses, dias, hora do dia, causa, tipo de combustível, localização, área queimada e condições meteorológicas (CHANDLER *et al.*, 1983; HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2010; TETTO; BATISTA; SOARES, 2011; SOARES, 1996; FIMIA; ALCADE, 2009), incluindo os dias da semana (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Para Soares, Batista e Tetto (2017) e Heikkilä, Grönqvist e Jurvélius (2007), de forma geral deve-se saber onde, quando e por que os incêndios ocorrem.

- a) Onde: para definição das regiões de maior risco e estabelecimento prioritário a estas.
- b) Quando: para a estruturação dos serviços de prevenção e combate aos incêndios dentro dos limites economicamente viáveis.
- c) Por que: para a realização de um trabalho objetivo frente às causas mais frequentes.

Além disso, outras informações adicionais, tais como: procedimentos de detecção, meios de extinção, tempo de mobilização, tempo de combate e pessoal empregado são importantes para avaliação, possíveis alterações e correções dos processos de eficiência do plano de prevenção (SOARES, 1996; FIMIA; ALCADE, 2009).

Para Soares, Batista e Tetto (2017), a falta dessas informações pode elevar os custos protecionistas, muitas vezes maior do que necessário, ou promover baixos custos, aumentando a suscetibilidade à ocorrência de danos econômicos e socioambientais.

Os dados estatísticos confiáveis sobre a ocorrência de incêndios em vegetação estão disponíveis a um número limitado de nações e regiões (GOLDAMMER, 2000) e no âmbito brasileiro há poucas estatísticas confiáveis de longo prazo (LIMA; SOARES, 1992), além da falta de padronização no preenchimento destes (TETTO; BATISTA; SOARES, 2012; LIMA *et al.*, 2018), dificultando a

transparência e o conhecimento da evolução contínua dos incêndios por parte da administração pública (FIMIA; ALCALDE, 2009).

2.3.1 Ocorrência de incêndios no globo terrestre

Brown e Davis (1959) descreveram dez grandes incêndios florestais nos Estados Unidos, com destaque para o incêndio que atingiu o leste de Wisconsin e a área central de Michigan no ano de 1871, havendo a queima aproximada de 1.529.712 hectares e a perda de 1.500 vidas somente em Wisconsin.

Recentemente tem se observado grandes incêndios que incorrem em consideráveis custos sociais e econômicos, destruindo infraestruturas, sejam de madeira ou não. Há vários exemplos a serem citados, como Los Álamos no Novo México no ano de 2002, ou em Valparaíso, no Chile, em 2015 e 2017. Ainda em Portugal no ano de 2005, e em 2017 quando 64 pessoas morreram e 254 ficaram feridas entre os dias 17 e 21 de junho do referido ano. Na Grécia, nos anos de 2009 e 2018, onde houve a perda de 80 vidas. Até mesmo em Moscou, na Rússia, em 2010, quando a cidade ficou escura pela fumaça e chuvas de cinzas (GÓMEZ-GONZÁLEZ, OJEDA; FERNANDES, 2018; ÚBEDA; FRANCOS, 2018).

Na Austrália, em 2009, os incêndios foram responsáveis pela perda de 180 vidas. No período correspondente a 1 de janeiro de 2019 a 31 de janeiro de 2020, haviam sido registrados ao menos 33 pessoas mortas, incluindo quatro brigadistas e um total de 11 milhões de hectares atingidos (*BRITISH BROADCASTING CORPORATION* (BBC), 2020).

De acordo com o *California Department of Forestry and Fire Protection* (CAL FIRE, 2020), o “*Camp Fire*”, incêndio florestal ocorrido em 2019, se tornou um dos mais destrutivos da história do estado da Califórnia, localizado nos Estados Unidos da América, consumindo aproximadamente 62.053 ha, resultando em 18.804 estruturas destruídas e 85 pessoas mortas.

No Brasil, até o mês de setembro do ano de 2020, o país apresentou mais de 226 mil km² queimados, com 160.459 focos de calor identificados pelo satélite de referência do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com destaque para a região do pantanal brasileiro, localizada nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, que apresentou 32.910 km² de área queimada, induzindo a percepção de alta

severidade das queimas, visto que o bioma é o menor do país em extensão territorial (150 mil km²) (LUCAS; KOVALSYKI; TETTO, 2020).

No território brasileiro, o maior desastre relacionado com os incêndios florestais ocorreu no ano de 1963 no estado do Paraná, onde estimativas oficiais apontam que houve uma área queimada de 21 mil km², atingindo 128 municípios (PARANÁ, 1963).

Em um levantamento parcial de 19 dos 128 municípios atingidos, os incêndios foram responsáveis por 2.548 pessoas desabrigadas, 1.058 pessoas feridas e 73 mortes (PARANÁ, 1963), porém há possibilidade de terem sido mais, uma vez que há divergência em diferentes fontes de informação (PAIXÃO; PRIORI, 2011).

O ano de 1963 apresentou uma estiagem prolongada e a queda de temperatura no início do mês de agosto causou fortes geadas, ressecando a vegetação. Aliado a isso, o tradicional método de queimada dos campos ao final de agosto fez como que houvesse uma fácil propagação do fogo no território (PARANÁ, 1963; PAIXÃO; PRIORI, 2011).

As áreas mais afetadas concentraram-se ao norte do Paraná e na região Central, porém a atual região metropolitana de Curitiba também foi afetada. O município mais atingido foi Lapa (61.440,3 ha), seguido por Rio Branco do Sul (11.991,3 ha), Campo do Tenente (6.323,6 ha), Cerro Azul (5.806,6 ha), Rio Negro (5.371,0 ha) e Quitandinha (4.543,0 ha) (PARANÁ, 1963).

Devido aos referidos municípios apresentarem proximidade com Curitiba, local onde havia uma maior concentração de oficiais do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (CCB), as autoridades tinham temor da destruição atingir a capital, agilizando o envio de ajuda (PAIXÃO, 2015).

Lierop *et al.* (2015), utilizando formulários submetidos aos países do globo terrestre (115 países responderam), solicitando informações relativas à frequência e área atingida pelos incêndios florestais entre os anos de 2003 e 2012, verificaram que a maior superfície queimada foi no continente africano, com mais de 213 milhões de hectares anualmente, sendo que aproximadamente 17 milhões eram de terras florestais. Na América do Sul, houve uma média de 72 milhões de hectares queimados anualmente, sendo 35 milhões de hectares em terras florestais. A Oceania registrou 31 milhões de hectares de superfície queimada anualmente, das quais cerca de 7 milhões de hectares compreendiam terras florestais. A Ásia apresentou aproximadamente 17 milhões de hectares de área queimada por ano, sendo que 2

milhões se tratavam de florestas. Praticamente toda a área queimada na América do Norte e Central (5 milhões de hectares) e Europa (3 milhões de hectares) foram de florestas.

Tanto a América do Sul quanto o continente Africano apresentaram uma ligeira tendência decrescente na área florestal queimada, porém alguns países florestais grandes (Austrália, Brasil e Índia) não forneceram estimativas anuais de área queimada para todos os anos, dificultando uma análise mais precisa.

Com dados mais recentes, o *Joint Research Centre* (JRC, 2019), através de coletas de dados relativos aos incêndios florestais para a Europa, Oriente Médio e Norte da África apresentaram as médias de número de incêndio e de área queimada no período de 2010 a 2018 (TABELA 1).

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS ANUAIS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS RELATIVAS AO NÚMERO DE INCÊNDIOS E ÁREA QUEIMADA PARA A EUROPA, ÁSIA, ORIENTE MÉDIO E NORTE DA ÁFRICA, NO PERÍODO DE 2010 A 2018

(continua)

PAÍS	ÁREA TOTAL	MÉDIAS NO PERÍODO DE 2010 A 2018			
		INCÊNDIOS	ÁREA QUEIMADA	DENSIDADE DE INCÊNDIOS	ÁREA QUEIMADA
	km ²	n° / ano	km ² / ano	n° inc. / área total / ano	% média de área queimada em relação a área total / ano
Alemanha	357.022	791,6	5,4	0,002	0,002
Argélia	2.381.741	2.998,9	321,1	0,001	0,013
Áustria	83.871	211,6	0,7	0,003	0,001
Bulgária	110.879	448,9	52,3	0,004	0,047
Chipre	9.251	103,1	16,7	0,011	0,181
Croácia	56.594	207,9	122,5	0,004	0,216
Espanha	505.370	11.968,0	956,9	0,024	0,189
Estônia	45.228	47,1	0,6	0,001	0,001
Federação Russa	17.098.242	16.484,5	22.181,0	0,001	0,130
Finlândia	338.145	1.238,0	5,2	0,004	0,002
França	643.801	3.690,0	112,5	0,006	0,017
Grécia	131.957	978,0	258,9	0,007	0,196
Holanda	41.543	635,0	4,0	0,015	0,010
Hungria	93.028	1.121,7	45,4	0,012	0,049
Itália	301.340	5.538,0	670,0	0,018	0,222
Letônia	64.589	522,0	5,9	0,008	0,009
Líbano	10.400	125,0	882,8	0,012	0,085
Lituânia	65.300	137,9	95,0	0,002	0,001
Macedônia	25.713	204,3	4.433,4	0,008	0,172

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS ANUAIS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS RELATIVAS AO NÚMERO DE INCÊNDIOS E ÁREA QUEIMADA PARA A EUROPA, ÁSIA, ORIENTE MÉDIO E NORTE DA ÁFRICA, NO PERÍODO DE 2010 A 2018

(conclusão)

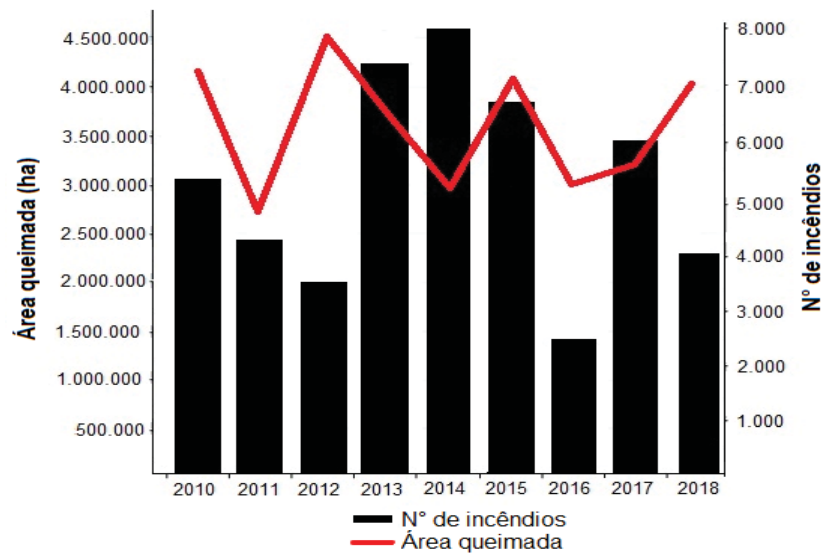
PAÍS	ÁREA TOTAL	MÉDIAS NO PERÍODO DE 2010 A 2018			
		INCÊNDIOS	ÁREA QUEIMADA	DENSIDADE DE INCÊNDIOS	ÁREA QUEIMADA
	km ²	n° / ano	km ² / ano	n° inc. / área total / ano	% média de área queimada em relação a área total / ano
Marrocos	446.550	468,1	2.916,1	0,001	0,007
Noruega	323.802	203,9	844,2	0,001	0,003
Polônia	312.685	6.916,3	2.966,4	0,022	0,009
Portugal	92.090	17.463,0	144.555,0	0,190	1,570
República Checa	78.867	1.198,7	327,9	0,015	0,004
Romênia	238.391	283,2	1.756,6	0,001	0,007
Slováquia	49.035	237,2	423,4	0,005	0,009
Slovênia	20.273	83,0	283,4	0,004	0,014
Suécia	450.295	4.414,4	5.085,2	0,010	0,011
Suíça	41.277	100,6	116,1	0,002	0,003
Turquia	783.562	2.453,9	6.885,4	0,003	0,009
Ucrânia	603.550	1.666,9	3.625,1	0,003	0,006

FONTE: JRC (2019); INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2021), elaborado pelo autor.

Portugal apresentou a maior média de número de incêndios e área queimada por extensão territorial no período, demonstrando a problemática ocasionada pelos incêndios em vegetação no referido país.

No Canadá, de acordo com a *National Forestry Database* (2020), no período de 2010 a 2018, o ano de 2014 apresentou a maior área queimada, totalizando 4.563.327 ha, porém 2012 foi o ano que obteve o maior número de ocorrências, com 7.956 incêndios (FIGURA 1).

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO CANADÁ NO PERÍODO DE 2010 A 2018



FONTE: Adaptado de *National Forestry Database* (2020).

No Estados Unidos da América, de acordo com o *National Interagency Fire Center* (NIFC, 2020), no período de 2010 a 2019 a área queimada média foi de 2.770.825,884 ha, tendo maior destaque para o ano de 2015 que apresentou um total de 4.097.502,426 ha (TABELA 2).

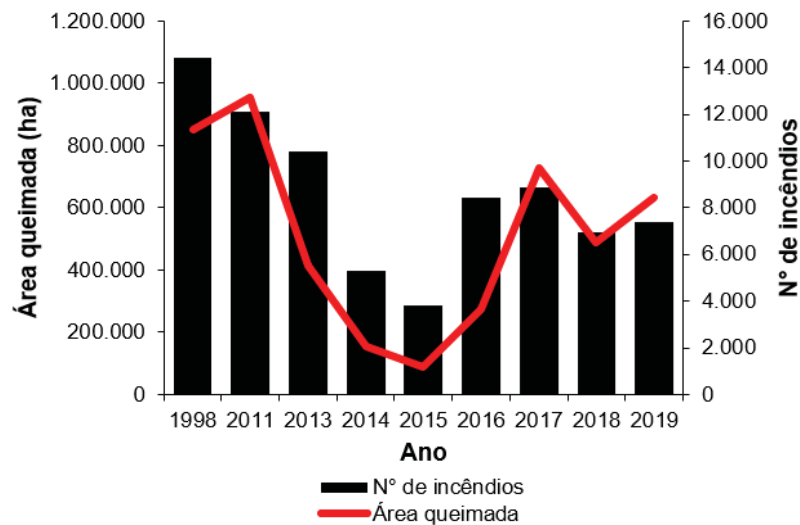
TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA NO PERÍODO DE 2010 A 2019

ANO	N° DE INCÊNDIOS	ÁREA QUEIMADA (ha)
2010	71.971	1.385.127,26
2011	74.126	3.525.365,149
2012	67.774	3.774.194,615
2013	47.579	1.748.058,247
2014	63.312	1.455.092,956
2015	68.151	4.097.502,426
2016	67.743	2.229.815,865
2017	71.499	4.057.413,052
2018	58.083	3.548.078,131
2019	50.477	1.887.601,141
Média anual	64.072	2.770.825,884

FONTE: Adaptado de NIFC (2020).

No México, de acordo com a CONAFOR (2020), no período de 1998 a 2019, o ano de 2011 se destacou como o ano com maior superfície de área afetada com 956.405 ha. Houve um decréscimo nos anos seguintes e 2015 apresentou a mínima do período, com 88.538 ha afetados e o número de 3.809 incêndios (FIGURA 2).

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MÉXICO NO PERÍODO DE 1998 A 2019

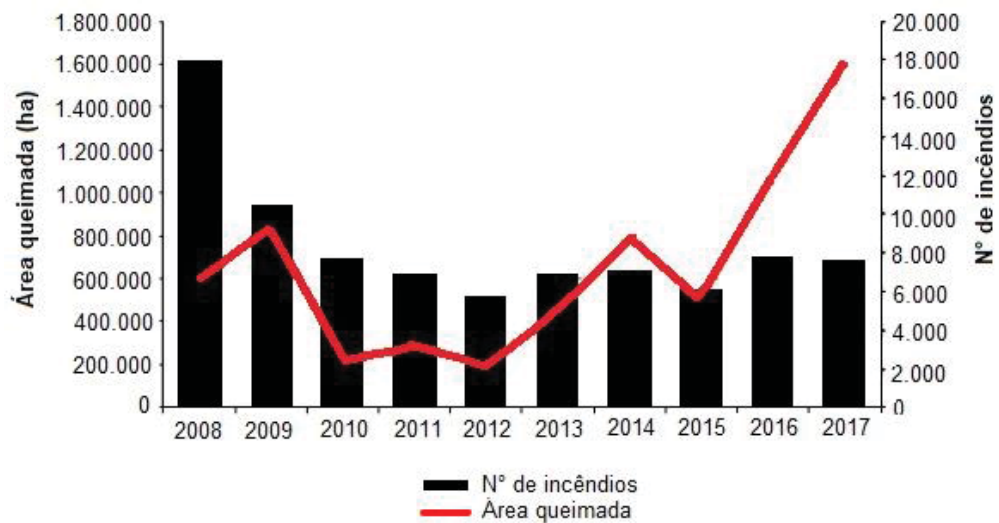


FONTE: Adaptado de CONAFOR (2019).

O Chile apresentou de 2009 a 2019 um total de 59.922 ocorrências de incêndios, apresentando uma média anual de 5.992 ocorrências (CONAF, 2020). Nesse período verificou-se 1.179.352 ha de área queimada, média anual de 117.935 ha. O período de 2014 a 2015 apresentou o maior número de ocorrências (8.048), porém no período compreendido de 2016 a 2017 a área queimada totalizou 570.197 hectares, superior à média do período.

Na Argentina, de acordo com a *Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación* (2018), o ano de 2017 apresentou a maior área afetada no período de 2008 a 2017, com 1.603.338 ha. O ano de 2008 apresentou o maior número de ocorrências registradas no período, com aproximadamente 18.000 ocorrências (FIGURA 3).

FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA ARGENTINA NO PERÍODO DE 2008 A 2017



FONTE: Adaptado de *Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación* (2018).

2.4 FATORES METEOROLÓGICOS RELACIONADOS AOS INCÊNDIOS

De acordo com Brown e Davis (1959), embora os combustíveis florestais determinem a potencialidade da propagação, a dimensão dos danos causados e a dificuldade no controle do fogo, as condições meteorológicas determinam o nível atual desse potencial.

O tempo e o clima afetam os incêndios florestais de maneiras distintas, porém relacionados. O clima determina a quantidade total de combustível disponível para combustão, bem como a duração e a severidade da temporada de incêndios. O tempo regula o teor de umidade e, portanto, a inflamabilidade dos combustíveis florestais mortos, apresentando influência na ignição e propagação dos incêndios (BROWN; DAVIS, 1959; CHANDLER *et al.*, 1983; MACEDO; SARDINHA, 1987; FIMIA, 2009; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

De acordo com Fimia (2009), as variáveis meteorológicas podem ser divididas em dois grupos:

- a) As que afetam a possibilidade de início do fogo: precipitação, temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa; e
- b) As que incidem na velocidade de propagação: velocidade do vento, direção do vento e estabilidade atmosférica.

A precipitação influencia imediatamente sobre a umidade relativa e a umidade dos combustíveis mortos, afetando dias depois nos combustíveis vivos ao incorporar a água do solo nos tecidos das plantas (MACEDO; SARDINHA, 1987; FIMIA, 2009).

A temperatura dos combustíveis sofre a influência da absorção da radiação solar direta e do ar que os envolve, controlando assim a sua suscetibilidade à ignição e taxas de propagação (CHANDLER *et al.*, 1983).

Além da influência na inflamabilidade, a temperatura também influencia na umidade do ar, que por sua vez, influencia na quantidade de umidade do combustível florestal (CHANDLER *et al.*, 1983; FIMIA, 2009).

2.5 PREDIÇÃO DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO

Os índices de perigo de incêndios são números que refletem a probabilidade da ocorrência de um incêndio, bem como a facilidade do mesmo se propagar, com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008). O seu conhecimento determina situações de alerta, podendo servir para avaliações dos resultados obtidos nas atividades de prevenção e combate aos incêndios em vegetação, possibilitando a adoção de medidas preventivas mais eficientes e econômicas (VÉLEZ, 2009c; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Os índices de perigo de incêndios se baseiam em fatores permanentes e variáveis. Os fatores permanentes se referem ao material combustível, relevo e tipo de floresta, enquanto os fatores variáveis se relacionam às condições meteorológicas. Devido a variação apresentada em um curto espaço de tempo, os fatores variáveis apresentam uma base sólida para determinação do grau de perigo de incêndios (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

As classes de perigo de incêndios, produzidas com base nos índices de perigo, são de utilidade pública para a promoção de avisos e alertas, apresentando facilidade na apresentação e divulgação gráfica. Ainda, os índices auxiliam na gestão das organizações de combate, planejamento de estruturas logísticas, avaliação de prejuízos, práticas de queima controlada e ordenamento florestal (MACEDO; SARDINHA, 1987).

3 MATERIAL E MÉTODOS

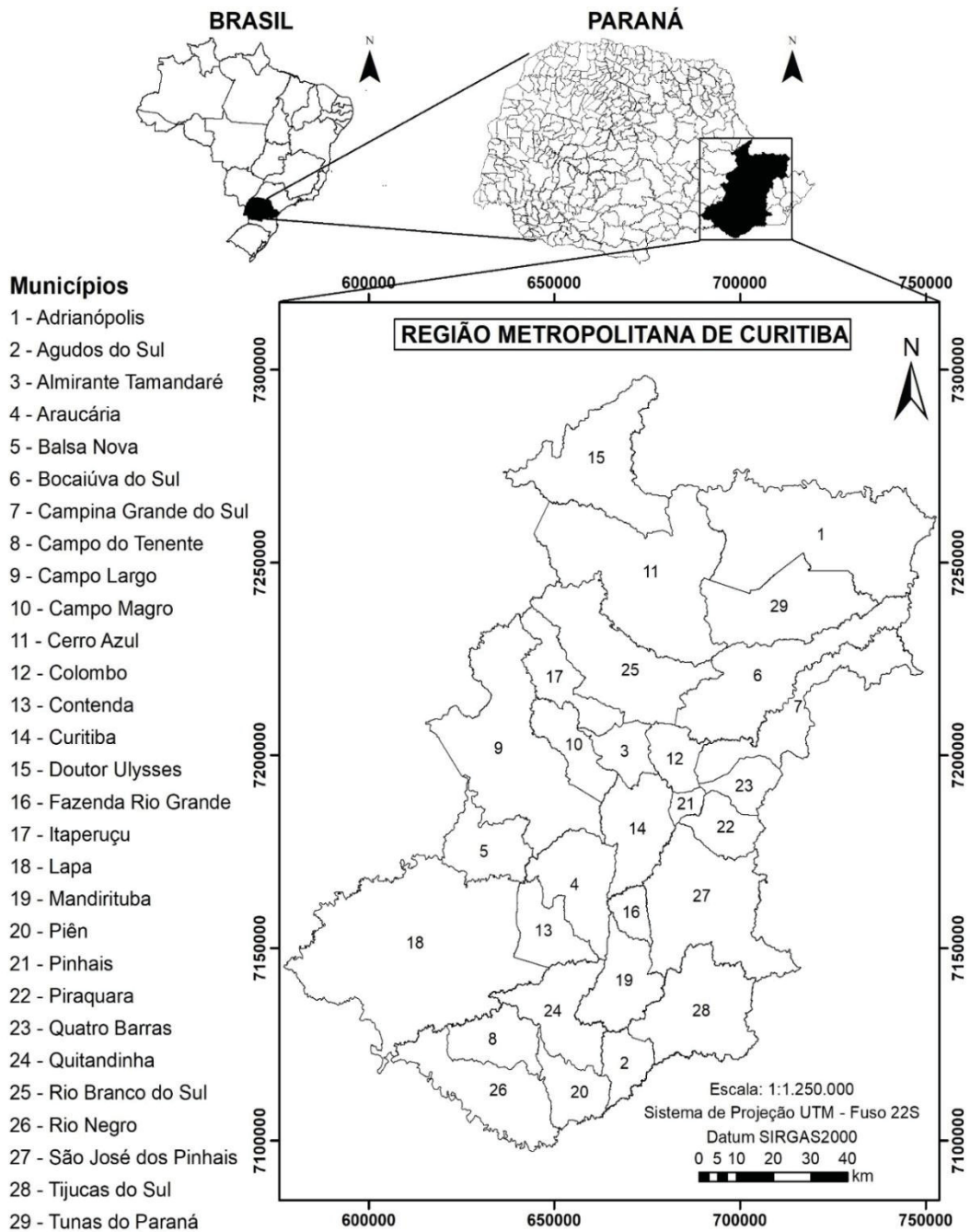
3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Curitiba (capital do estado do Paraná) e sua região metropolitana, que totaliza 29 municípios de acordo com a Lei 11.027, de 29 de dezembro de 1994, e suas alterações (PARANÁ, 2004), localizados na região sul do Brasil e na região leste do estado do Paraná. Os limites da região metropolitana de Curitiba possuem como coordenadas latitudinais 24° 24' 07" S e 26° 14' 15" S e como coordenadas longitudinais 48° 29' 58" O e 50° 13' 54" O, apresentando uma área total de 16.580,753 km² (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ (ITCG), 2019).

Os municípios que compõem a região metropolitana de Curitiba são: Curitiba, Adrianópolis, Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo do Tenente, Campo Largo, Campo Magro, Cerro Azul, Colombo, Contenda, Doutor Ulysses, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Lapa, Mandirituba, Piên, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Rio Branco do Sul, Rio Negro, São José dos Pinhais, Quitandinha, Tijucas do Sul e Tunas do Paraná (PARANÁ, 2004).

Na FIGURA 4 está apresentada a localização dos municípios da região metropolitana de Curitiba e na TABELA 3 os dados relativos à área municipal, demografia, taxa de urbanização e a presença de Postos de Bombeiro (PB) no município.

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ E DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



FONTE: ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 3 - DADOS GERAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

MUNICÍPIO	ÁREA DA UNIDADE TERRITORIAL (km ²) [2019]	POPULAÇÃO ESTIMADA (Nº HABITANTES) [2017]	TAXA DE URBANIZAÇÃO* (%) [2010]	QUANTIDADE DE POSTOS DE BOMBEIRO
Adrianópolis	1.342,457	6.254	32,3	0
Agudos do Sul	191,844	9.161	34,1	0
Almirante Tamandaré	193,978	115.364	95,8	1
Araucária	470,026	137.452	92,5	2
Balsa Nova	347,618	12.602	60,8	0
Bocaiúva do Sul	812,217	12.477	46,7	0
Campina Grande do Sul	542,128	42.547	82,4	1
Campo do Tenente	304,635	7.829	58,9	0
Campo Largo	1.241,188	127.309	83,8	1
Campo Magro	274,578	28.244	78,7	0
Cerro Azul	1.350,332	17.885	28,4	0
Colombo	197,377	237.402	95,4	1
Contenda	295,806	17.961	58,1	0
Curitiba	434,863	1.908.359	100	10
Doutor Ulysses	780,785	5.781	16,2	0
Fazenda Rio Grande	116,775	95.225	93,0	1
Itaperuçu	322,850	27.500	83,5	0
Lapa	2.098,442	48.067	60,6	1
Mandirituba	378,870	25.662	33,4	0
Piên	256,336	12.455	40,3	1
Pinhais	60,840	129.445	100	1
Piraquara	224,780	107.751	49,1	1
Quatro Barras	180,667	22.651	90,4	0
Quitandinha	446,747	18.733	28,6	0
Rio Branco do Sul	819,693	32.504	71,9	1
Rio Negro	604,722	33.857	82,2	1
São José dos Pinhais	945,998	307.530	89,7	1
Tijucas do Sul	671,461	16.348	15,7	0
Tunas do Paraná	672,736	7.971	44,6	0
TOTAL	16.580,753	3.592.465	63,7	24

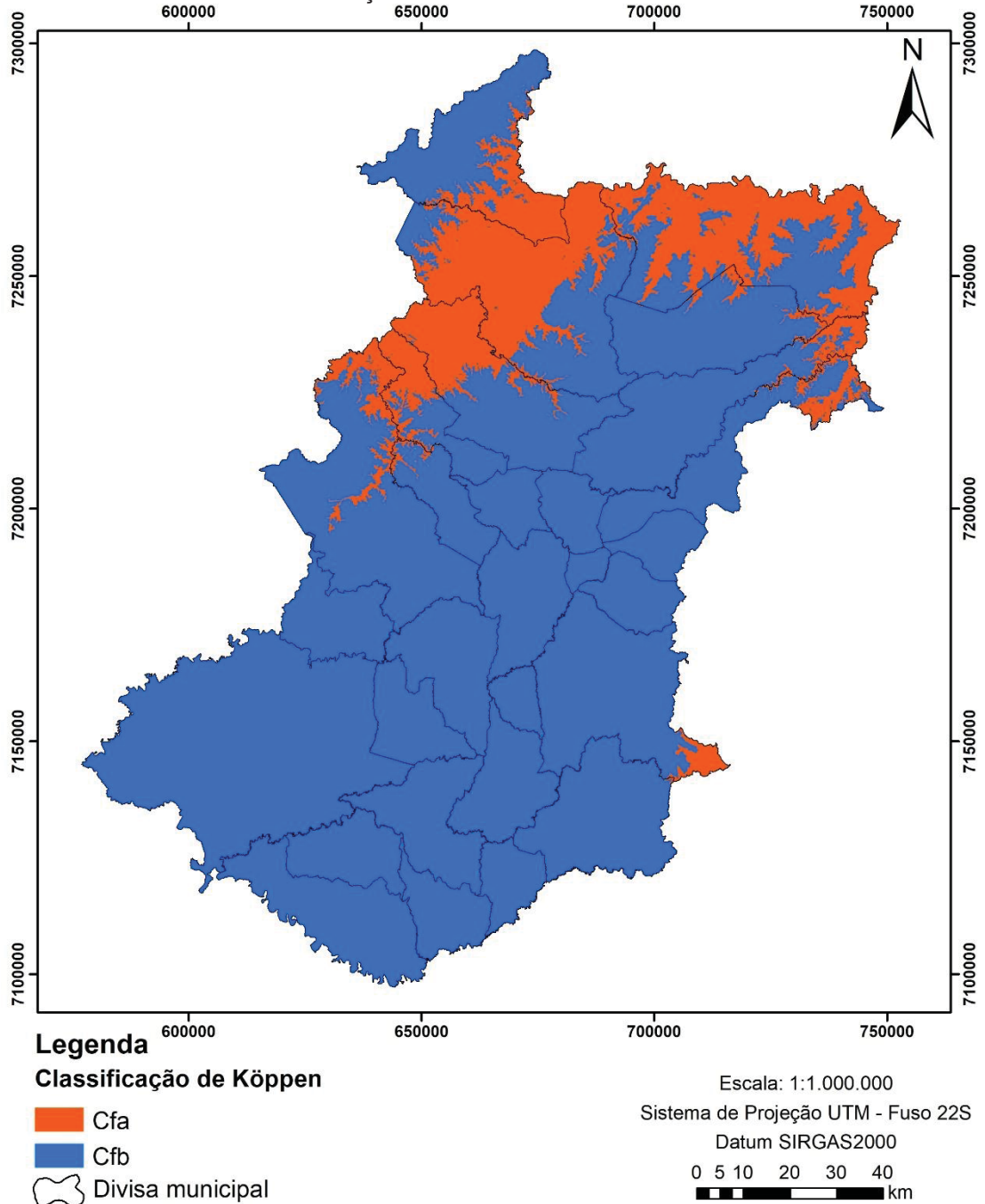
FONTE: ITCG (2019); IBGE (2010); IBGE (2017); CCB (2020), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Taxa de urbanização é a porcentagem da população residente constituída pelos moradores em domicílios em situação urbana em relação à população total.

3.1.1 Clima

De acordo com o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2018) e Alvares *et al.* (2013), a região metropolitana de Curitiba se localiza em região do clima tipo Cfb e Cfa (FIGURA 5).

FIGURA 5 - MAPA DA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA A ÁREA DE ESTUDO



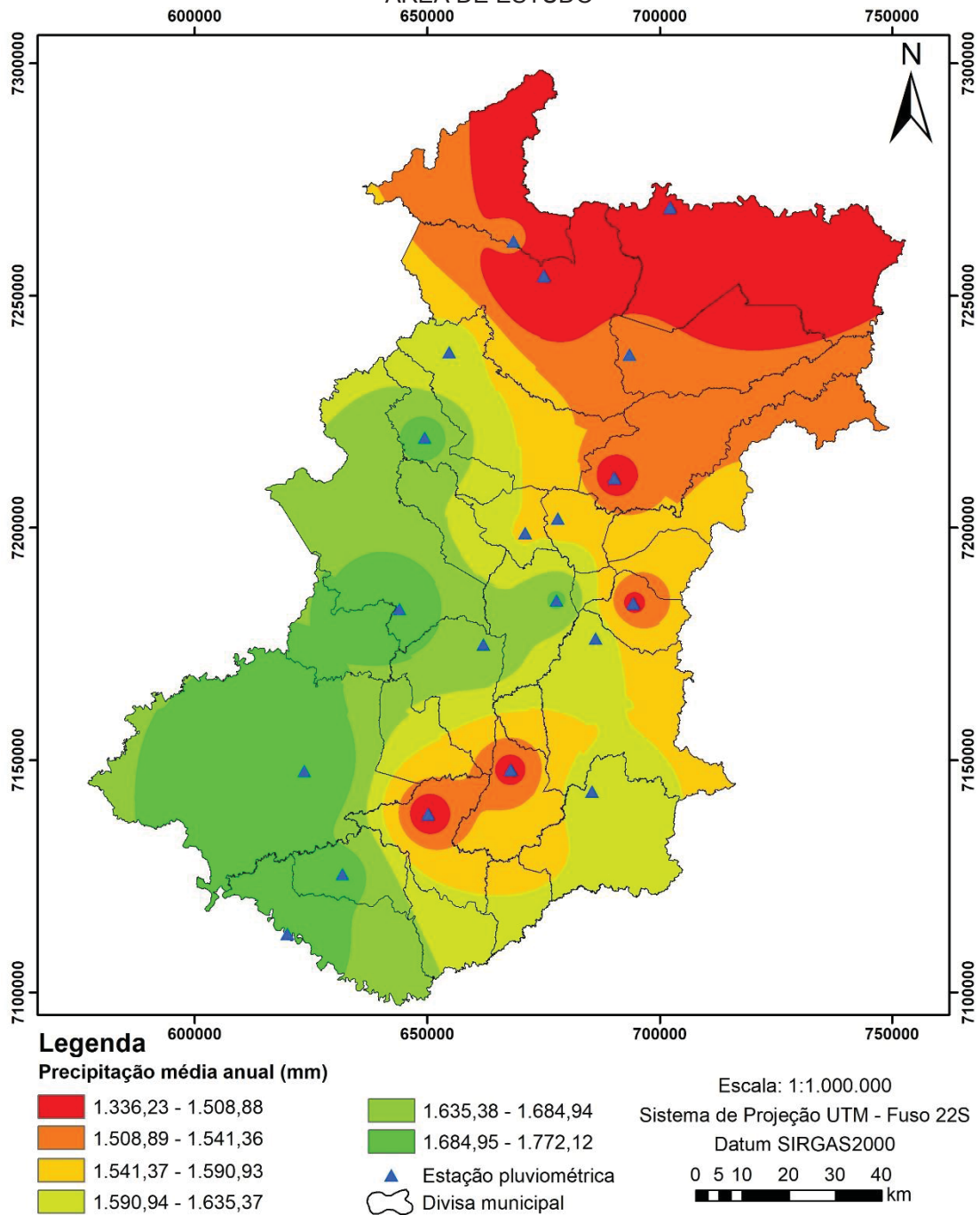
FONTE: ITCG (2019); Alvares *et al.* (2013), elaborado pelo autor (2021).

O clima Cfb é caracterizado como temperado, sem estação seca, com verões frescos, apresentando temperaturas médias no mês mais frio abaixo de 18 °C e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C. O clima Cfa trata-se de um clima subtropical, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18 °C e temperatura média do mês mais quente acima de 22 °C, verões quentes, geadas

pouco frequentes, sem estação seca definida e uma maior tendência de concentração das chuvas nos meses de verão (IAPAR, 2018).

A precipitação média no período de 2011 a 2016 distribuída de acordo com os municípios está apresentada na FIGURA 6.

FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO PERÍODO DE 2011 A 2016 NA ÁREA DE ESTUDO

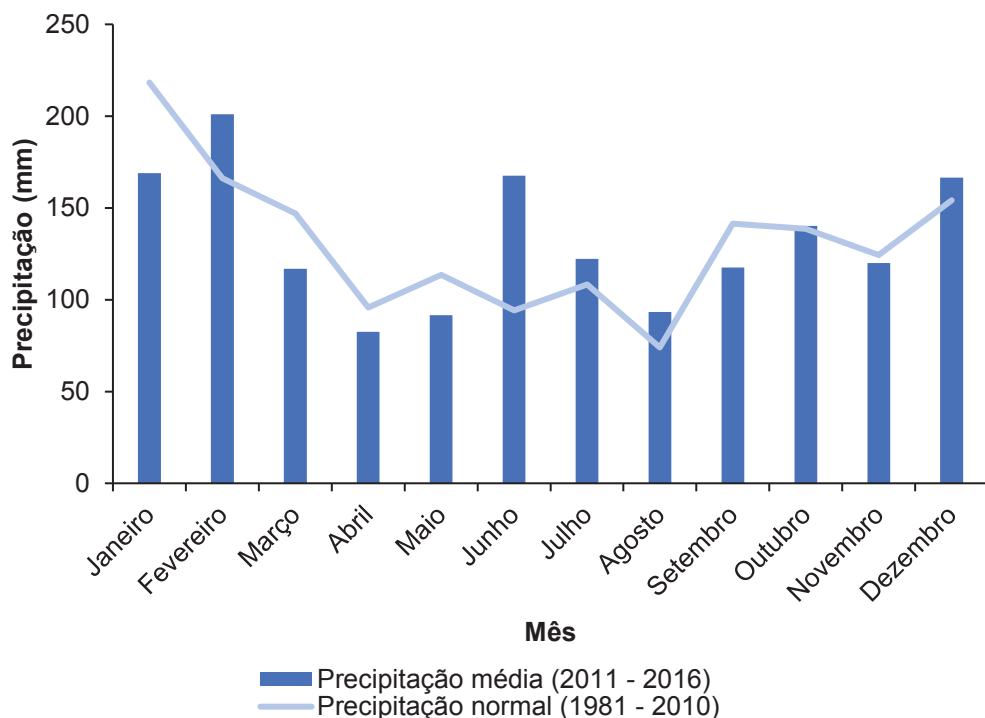


FONTE: ITCG (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Os valores médios anuais de precipitação apresentaram um déficit na região norte da área de estudo durante o período analisado, corroborando com a classificação Cfa de Köppen para a região (FIGURA 5).

A distribuição da média de precipitação mensal ao longo do período e a precipitação normal obtida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) de 1981 a 2010, na estação meteorológica localizada em Curitiba, estão presentes no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA DO PERÍODO DE 2011 A 2016 E DA PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 1981 A 2010

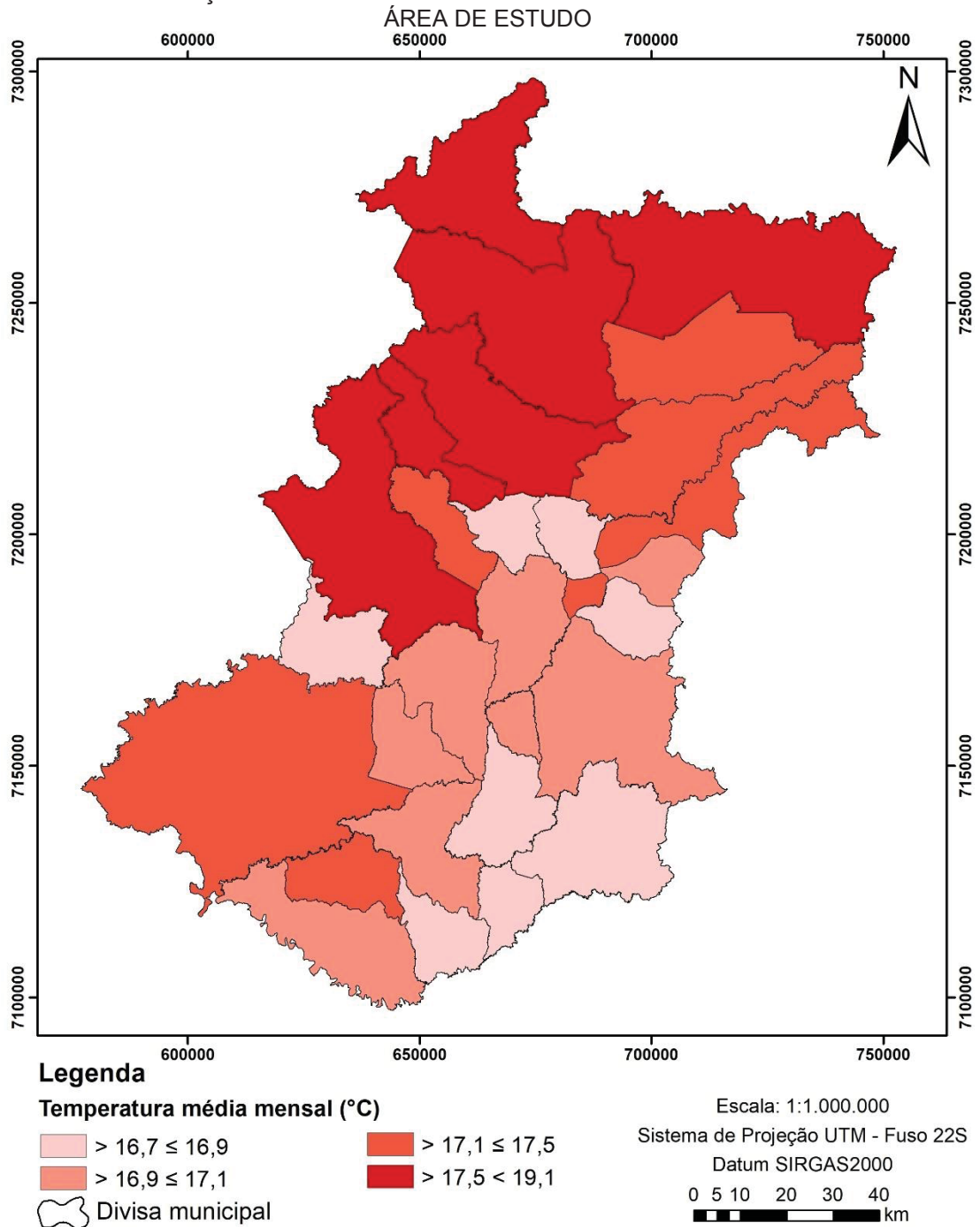


FONTE: Instituto das Águas do Paraná (2020); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

A distribuição pluviométrica, através dos dados obtidos pelo INMET (2020), apresenta um decréscimo de janeiro a agosto, se elevando a partir de setembro, com a estação do inverno apresentando maior déficit pluviométrico. Nos dados obtidos no período de 2011 a 2016 verifica-se que apesar da semelhança com a normal da precipitação, as médias dos meses de junho e julho apresentaram maior volume de precipitação, assim caracterizando o período do outono mais deficitário que o inverno.

A FIGURA 7 apresenta a distribuição da temperatura nos municípios da área de estudo de acordo com o estudo elaborado por Alvares *et al.* (2013) através de mais de 25 anos de coleta nos anos de 1950 a 1990.

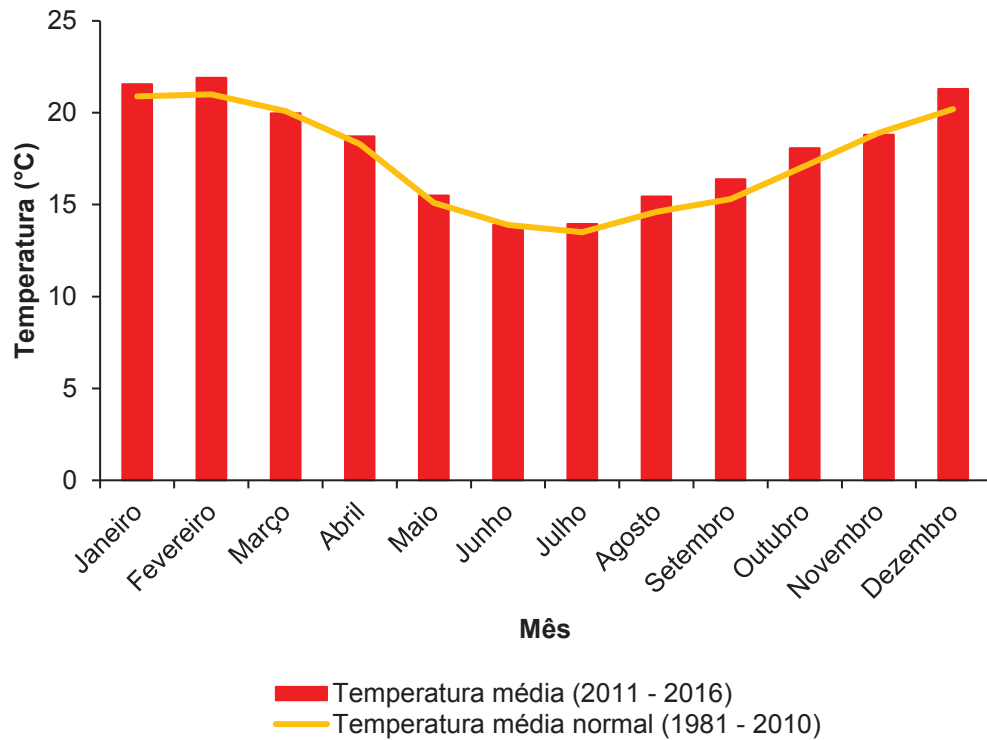
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO PERÍODO DE 1950 A 1990 NA



FONTE: ITCG (2019); Alvares *et al.* (2013), elaborado pelo autor (2021).

As temperaturas médias anuais mais elevadas ocorrem nos municípios classificados como Cfa por Köppen, localizados ao norte e ao oeste da área de estudo. A distribuição mensal obtida pelo INMET (2020) do período de 1981 a 2010 e de 2011 a 2016 está presente no GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA NO PERÍODO DE 2011 A 2016 E DA TEMPERATURA MÉDIA NORMAL NO PERÍODO DE 1981 A 2010



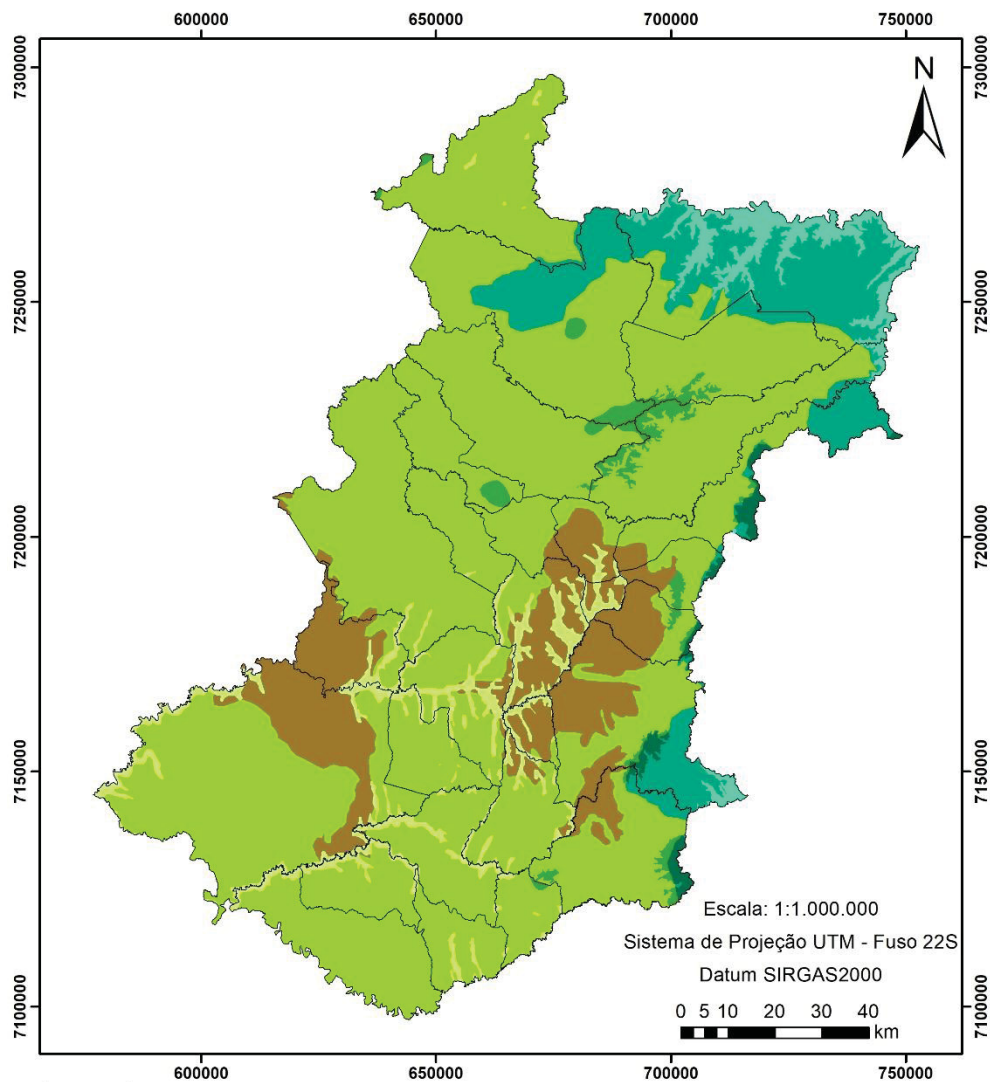
FONTE: INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).










Na área de estudo os valores de temperatura média obtidos no período de 2011 a 2016 foram semelhantes à normal climatológica obtida nos anos de 1981 a 2010, apresentando um pequeno aumento em nove meses. Observa-se um decréscimo na temperatura média no período do outono e inverno, havendo novamente a ascendência dos valores na primavera, alcançando o pico no verão.

3.1.2 Vegetação

De acordo com Maack (2012), Curitiba e região metropolitana originalmente se inserem na região fitogeográfica limítrofe de campos naturais com floresta com araucária (Floresta Ombrófila Mista), incluindo áreas de Floresta Ombrófila Densa ao norte e leste da área de estudo (ITCG, 2009), integrando o bioma Mata Atlântica (FIGURA 8).

FIGURA 8 - MAPA FITOGEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO

**Legenda****Designação fitogeográfica**

- | | |
|---|---|
|  Campos Naturais |  Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana |
|  Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana |  Floresta Ombrófila Mista Aluvial |
|  Floresta Ombrófila Densa Montana |  Floresta Ombrófila Mista Montana |
|  Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana |  Divisa municipal |
|  Formações Pioneiras com Influência Fluvial - herbácea/arbustiva | |

FONTE: ITCG (2019); Maack (2012), elaborado pelo autor (2021).

A Floresta Ombrófila Densa apresenta uma diversificação ambiental influenciando a dispersão e crescimento da flora e da fauna, permitindo o desenvolvimento de várias formações, com inúmeras comunidades e associações. Há estimativa que haja mais de 700 espécies, tornando-a assim a unidade fitogeográfica mais heterogênea e complexa do sul do Brasil, de grande vigor vegetativo (RODERJAN *et al.*, 2002).

A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela coexistência de representantes das floras tropical e temperada, onde há o domínio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), com estimativa de que há mais de 200 espécies somente no Paraná (RODERJAN *et al.*, 2002). Ainda de acordo com os autores, é a unidade fitogeográfica mais representativa na área de estudo e compreende exclusivamente os planaltos da região sul do Brasil, disjunções no sudeste e no Paraguai e Argentina. Normalmente é encontrada entre 800 a 1.200 m de altitude.

Os Campos Naturais, também chamados de Estepe, apresentam predomínio de graminóides e sobre os terrenos suave-ondulados caracterizam a paisagem dos planaltos sul brasileiros. A sua origem se dá no início do período pós-glacial, onde atuou como colonizadora da superfície estéril resultante do clima anterior e sua manutenção se deu pela ocorrência regular do fogo, seja de causa natural ou antrópica (MAACK, 2012).

Há também a ocorrência de agrupamentos arbóreos marginando os corpos d'água (nas depressões) ou isolados sobre o campo, com variação de formas e dimensões, com um papel sobressalente de *Araucaria angustifolia* (RODERJAN *et al.*, 2002; MAACK, 2012).

Ainda de acordo com Maack (2012), a vegetação primitiva de Curitiba se baseava nos campos limpos, caracterizados por extensas áreas de gramíneas baixas desprovidas de arbustos, com a ocorrência de florestas ou capões limitados nas depressões em torno das nascentes e ao redor de córregos de água.

Atualmente, no município de Curitiba, Monteiro (2015) verificou em seu estudo que diferentes fontes apontam diversos resultados referentes à cobertura vegetal do município. Ainda, houve discrepância dos valores encontrados pela autora, que através de sensoriamento remoto quantificou a área verde de Curitiba, totalizando 18.982.614,018 ha, correspondendo a 43,69% do município.

O relatório do Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2018), apresentando os resultados do inventário florestal do estado do Paraná, apontam mediante dados fornecidos pelo ITCG que a região metropolitana de Curitiba possui um total de 1.345.557,50 ha de florestas, correspondendo aproximadamente a 58% da área da região.

Os resultados apresentados pelo SFB (2018) não dividem por microrregiões a quantidade de espécies e biomassa encontradas no Paraná, apontando apenas valores gerais para o estado, impossibilitando uma estimativa para a área de estudo.

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS) utiliza imagens de satélite e uma estrutura de dados interligando diferentes variáveis para o mapeamento da cobertura e uso do solo do país.

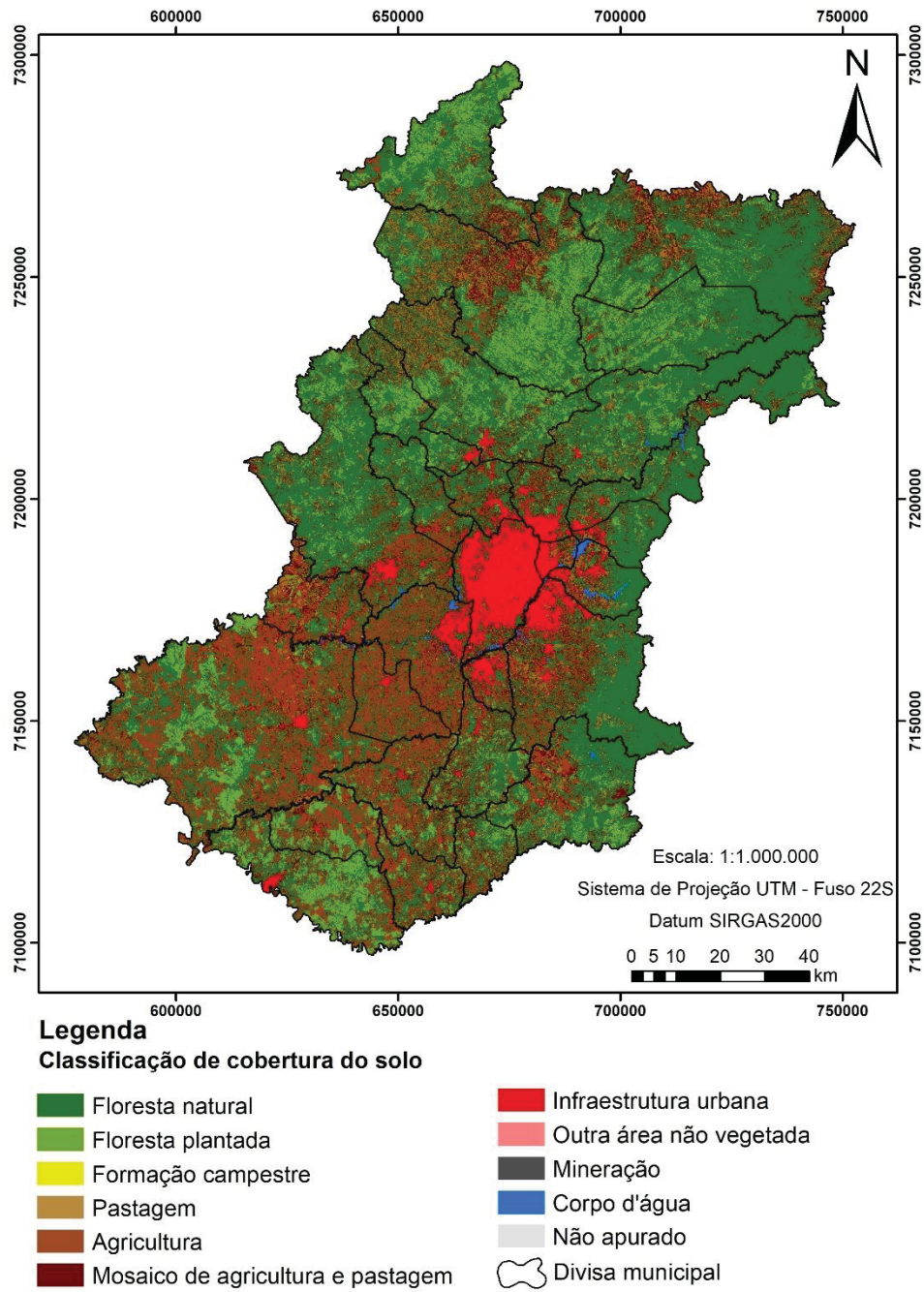
Os resultados do MAPBIOMAS apontam que a área de estudo apresentava em 2016 cerca de 16.576,75 km² de cobertura e uso do solo definidos, sendo que 52,4% da área é classificada como “floresta natural”, 13,2% como “mosaico de agricultura e pastagem”, 11,8% como “agricultura”, 11,7% como “floresta plantada” e 5,9% como “pastagem”. A distribuição da classificação está presente na TABELA 4 e o mapa de classificação na FIGURA 9.

TABELA 4 - VALORES DA CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO (2016)

COBERTURA E USO DO SOLO	ÁREA	
	km ²	%
Agricultura	1.964,44	11,8
Corpos d'água	85,19	0,5
Floresta natural	8.691,93	52,4
Floresta plantada	1.944,98	11,7
Formação campestre	4,87	0,0
Infraestrutura urbana	672,76	4,1
Mineração	9,45	0,1
Mosaico de agricultura e pastagem	2.189,73	13,2
Não apurado	4,20	0,0
Outras áreas não vegetadas	30,80	0,2
Pastagem	982,38	5,9
TOTAL	16.580,75	100

FONTE: ITCG (2019); MAPBIOMAS (2020), elaborado pelo autor (2021).

FIGURA 9 - MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: ITCG (2019); MAPBIOMAS (2020), elaborado pelo autor (2021).

3.2 OBTENÇÃO DE DADOS

3.2.1 Registros de incêndios


A base de dados utilizada para a análise das ocorrências de incêndios em vegetação no município de Curitiba e sua região metropolitana foi o Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (SYSBM-CCB) na versão 3.31.

Nas ocorrências atendidas pela referida instituição, até junho de 2017 era realizado o preenchimento em campo do formulário de Registro Geral de Ocorrência (RGO), sendo repassada para o formulário do sistema de registro digital após retorno da guarnição ao PB. O RGO baseia-se em um formulário que contém as seguintes informações:


- a) Data;
- b) Viatura empregada;
- c) Endereço;
- d) Natureza da ocorrência;
- e) Horário de acionamento;
- f) Horário de saída da viatura do Posto de Bombeiro;
- g) Horário de chegada da viatura ao local;
- h) Horário da saída da viatura do local;
- i) Descritivo da situação no local;
- j) Tipo de material atingido;
- k) Presença de vítimas;
- l) Entre outros.

Até junho de 2017, os registros que envolviam incêndio em vegetação eram classificados pela instituição como “incêndio ambiental”, porém esta mesma classificação era utilizada para outros tipos de incêndio, como por exemplo, incêndio em resíduos urbanos como “entulhos” (FIGURA 10), causando problemas nas análises quantitativas e qualitativas dos dados, gerando superestimativas dos registros de incêndio e falha na compreensão do perfil dos incêndios em vegetação na área de estudo.

FIGURA 10 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM ENTULHO" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"



SISTEMA DIGITAL DE DADOS OPERACIONAIS
POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ
CORPO DE BOMBEIROS



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

FRAÇÃO: Corpo de Bombeiros de Curitiba - 1º GB - Posto Boqueirão **DATA:** 05/08/2015 **HORA:** 15:41 **RGO:** 1354434/2015

SOLICITANTE: [REDACTED] **MEIO DE AVISO:** Rádio

ATENDENTE: [REDACTED]

DESCRIPTIVO DA SOLICITAÇÃO: Incêndio em entulhos lixo.

TIPO DE OCORRÊNCIA: Incêndio Ambiental

SERVIÇO REALIZADO: Combate a incêndio

DADOS DE LOCALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

ENDEREÇO: Rua Conde de São João das Duas Barras, Nº 1829 - **QUADRÍCULA:** N/AP

REFERENCIA: Prox: Igreja Caminho da Verdade

BAIRRO: Boqueirão **MUNICÍPIO:** Curitiba

AMBIENTE: Terreno baldio **UTILIZAÇÃO:** Desconhecida

COMPOSIÇÃO: Não Observado **ALTURA:** Não observado

ÁREA TOTAL: 0 M2 **ÁREA ATINGIDA:** 0 M2 **ÁREA DE PRESERVAÇÃO:** Não

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS:

SITUAÇÃO NO LOCAL: Incêndio em entulhos lixo, gastos 500 litros de água.

AÇÕES REALIZADAS: Combate ao incêndio.

PROPRIETÁRIO DO IMÓVEL: NÃO APURADO.

OCUPANTES DO IMÓVEL: Não apurado.

BENS DESTRUÍDOS: Não apurado.

Viaturas Registradas nesta ocorrência:								
Viatura	Posto	Saída	Chegada Local	Saída Local	Chegada Hospital	Saída Hospital	Retorno	Guarnição
ABTR 10897	Posto Boqueirão	05/08/2015 15:41	05/08/2015 15:50	05/08/2015 16:07	00/00/0000 00:00	00/00/0000 00:00	05/08/2015 16:20	[REDACTED]

CHEFE DO SOCORRO: [REDACTED] **RESP. P/ REGISTRO:** [REDACTED]

OFICIAL DE SERVIÇO/CHEFE DA PRONTIDÃO: [REDACTED]

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Atualmente o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná utiliza um novo Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências, denominado SYSBMNEW, que trouxe, entre outras inovações, a geolocalização das ocorrências, a separação dos diferentes tipos de incêndios ambientais ramificando em incêndio em vegetação e outros, bem como mais campos de preenchimento para um melhor detalhamento do registro.

O acesso às informações gerais das ocorrências de “incêndio ambiental” é aberto ao público mediante *website* disponibilizado na página do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, contendo as ocorrências registradas em todo o estado, porém informações detalhadas como o descritivo da situação no local, podem ser acessadas somente mediante usuário e senha disponibilizados pela corporação ao seu efetivo.

Para a realização deste estudo, foi solicitada a autorização de uso do usuário e senha pessoal para utilização dos dados referentes à classificação de “incêndio ambiental”, no município de Curitiba e sua região metropolitana, nos anos de 2011 a 2016.

3.2.2 Variáveis meteorológicas

Para obtenção da umidade do ar medida às 12 horas e insolação total diária foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo INMET (2020), através da estação meteorológica localizada no município de Curitiba e com coordenadas 25° 26' 55" S e 49° 16' 51" O.

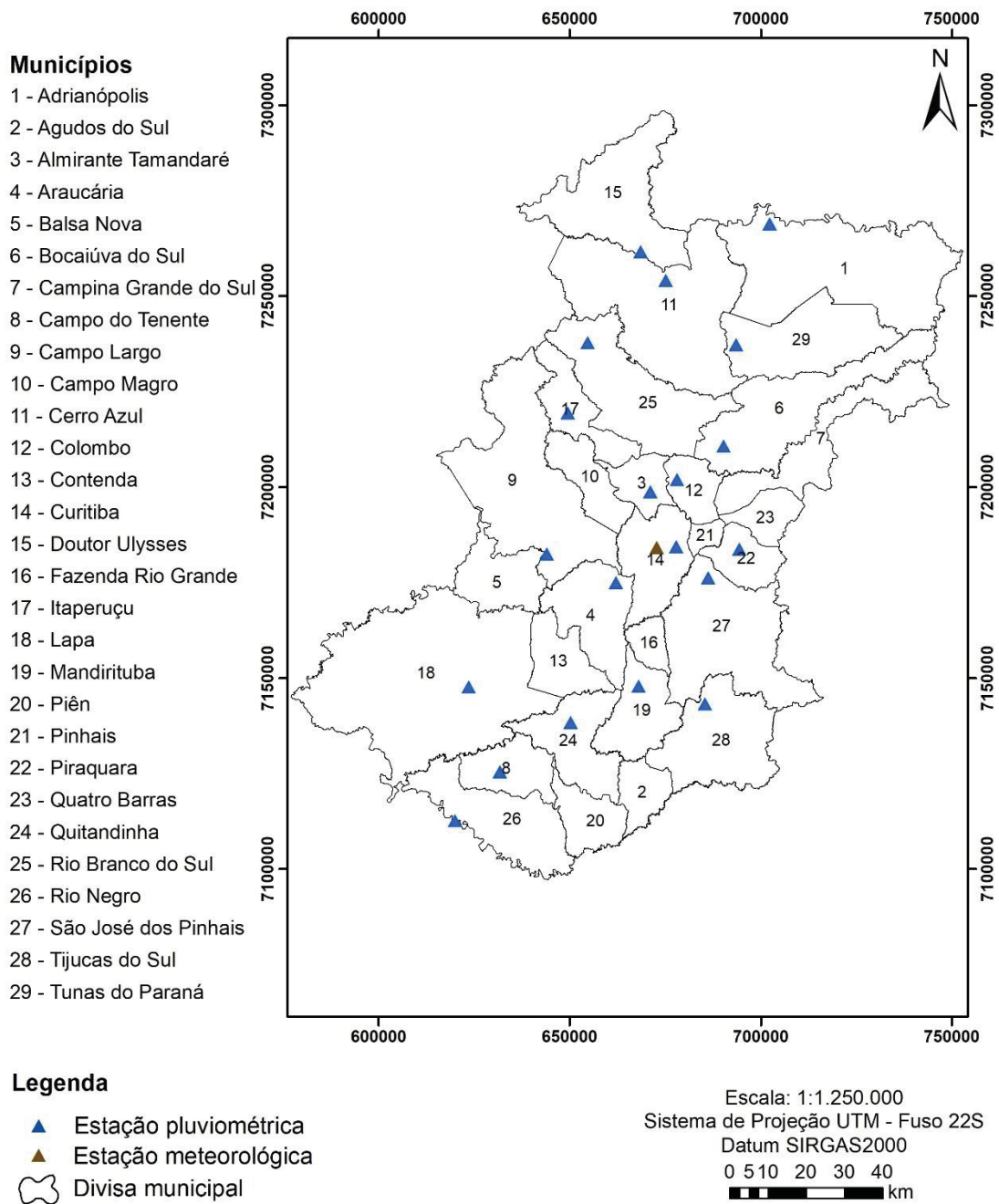
Os dados de precipitação foram obtidos mediante as estações pluviométricas que fazem parte do Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná (TABELA 5 e FIGURA 11). Para os municípios que não apresentaram estações pluviométricas, foi utilizado o valor da estação mais próxima.

TABELA 5 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE
Adrianópolis	24° 40' 48" S	49° 0' 0" O	Itaperuçu	25° 7' 59" S	49° 31' 0" O
Almirante Tamandaré	25° 19' 0" S	49° 18' 0" O	Lapa	25° 46' 59" S	49° 46' 0" O
Araucária	25° 32' 0" S	49° 23' 11" O	Mandirituba	25° 46' 35" S	49° 19' 28" O
Bocaiúva do Sul	25° 12' 26" S	49° 6' 41" O	Piraquara	25° 27' 0" S	49° 4' 1" O
Campo do Tenente	25° 58' 59" S	49° 40' 59" O	Quitandinha	25° 51' 54" S	49° 29' 59" O
Campo Largo	25° 28' 0" S	49° 34' 0" O	Rio Branco do Sul	24° 58' 0" S	49° 28' 0" O
Cerro Azul	24° 49' 0" S	49° 16' 0" O	Rio Negro	26° 6' 0" S	49° 48' 0" O
Colombo	25° 17' 15" S	49° 13' 50" O	São José dos Pinhais	25° 31' 9" S	49° 8' 48" O
Curitiba	25° 26' 47" S	49° 13' 51" O	Tijucas do Sul	25° 49' 0" S	49° 9' 0" O
Doutor Ulysses	24° 45' 0" S	49° 19' 59" O	Tunas do Paraná	24° 58' 0" S	49° 4' 59" O

FONTE: Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E ESTAÇÃO METEOROLÓGICA NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Instituto das Águas do Paraná (2020); ITCG (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Seguindo a recomendação e a metodologia adotada por Minuzzi *et al.* (2007), Tetto *et al.* (2010a) e Tetto *et al.* (2012), foram considerados dias sem precipitação os que apresentaram precipitação pluviométrica inferior a 1,0 mm.

3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

3.3.1 Registro de incêndios

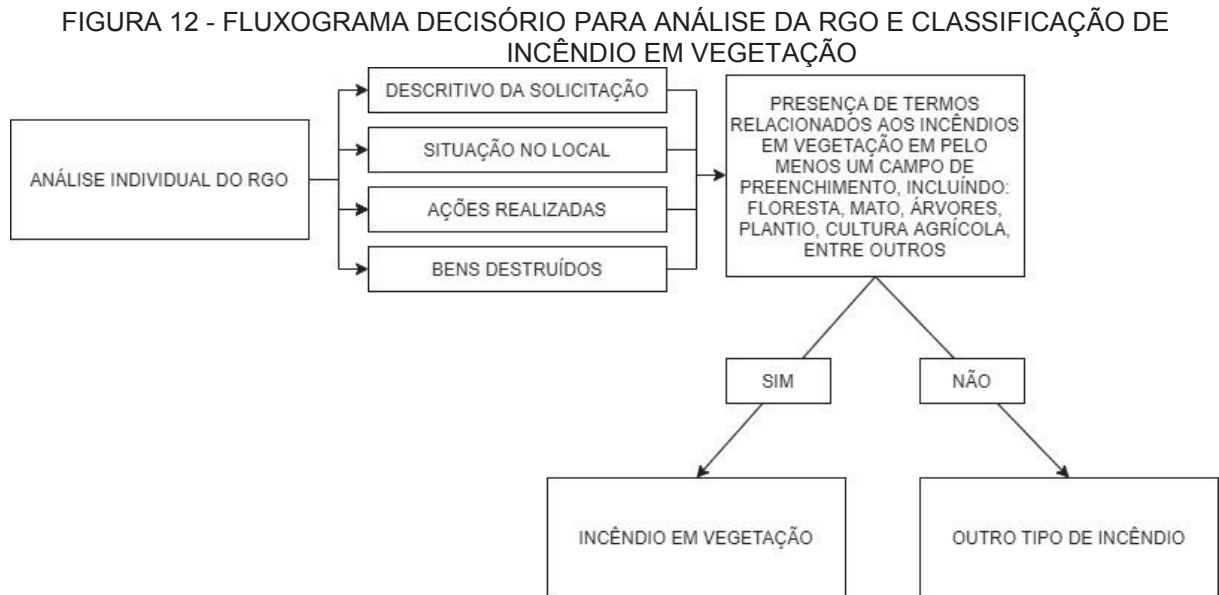
A partir da obtenção de dados foi realizada a análise individual das ocorrências verificando suas características, englobando os campos relacionados a descrição da solicitação e da situação encontrada no local, ações realizadas e bens destruídos.

Essa análise se baseou na leitura de elementos que caracterizassem incêndio em vegetação de acordo com a definição de incêndio florestal no estado do Paraná de acordo com o artigo 1º do decreto estadual nº 4.223, de 14 de abril de 1998 (PARANÁ, 1998), bem como literaturas nacionais e internacionais que consideram o incêndio florestal como o incêndio em qualquer forma de vegetação, assim adotando para este estudo a terminologia “incêndio em vegetação”.

Além da análise desta terminologia presente nos RGOs, foram considerados também termos análogos como incêndios em floresta, mata, árvore, capim, cultura agrícola, entre outros.

Quando confirmado a presença de evidências de incêndio em vegetação em um dos quatro campos analisados, o RGO foi classificado como “incêndio em vegetação”, porém ao não satisfazer essa condicionante, o RGO foi classificado como “outro tipo de incêndio”.


O fluxograma presente na FIGURA 12 demonstra as condicionantes avaliadas para classificação do RGO.




FONTE: O autor (2021).

A FIGURA 13 apresenta exemplo de RGO classificado como incêndio em vegetação em forma isolada e a FIGURA 14 exemplifica um RGO de incêndio em vegetação em conjunto com outros materiais.

FIGURA 13 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"



SISTEMA DIGITAL DE DADOS OPERACIONAIS
POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ
CORPO DE BOMBEIROS



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

FRAÇÃO: Corpo de Bombeiros de Curitiba - 1º **DATA:** 08/08/2015 **HORA:** 12:34 **RGO:** 1355688/2015
 GB - Posto Boqueirão

SOLICITANTE: [REDACTED] **MEIO DE AVISO:** Rádio

ATENDENTE: [REDACTED]

DESCRIPTIVO DA SOLICITAÇÃO: Incêndio em vegetação rasteira.

TIPO DE OCORRÊNCIA: Incêndio Ambiental

SERVIÇO REALIZADO: Combate a incêndio

DADOS DE LOCALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

ENDEREÇO: Rua Ivai, Nº S/Nº - QUADRÍCULA: N/AP

REFERENCIA: Prox: da ALL.

BAIRRO: Alto Boqueirão **MUNICÍPIO:** Curitiba

AMBIENTE: Vegetação Rasteira **UTILIZAÇÃO:** Uso Público em geral

COMPOSIÇÃO: Não Observado **ALTURA:** Não observado

ÁREA TOTAL: 0 M2 **ÁREA ATINGIDA:** 0 M2 **ÁREA DE PRESERVAÇÃO:** Não

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS:

SITUAÇÃO NO LOCAL: No local de mata rasteira área de aproximadamente 1500 mts², atingido 1000 mts², uso de abafadores

AÇÕES REALIZADAS: Combate ao incêndio com abafadores

PROPRIETÁRIO DO IMÓVEL: NÃO APURADO.

OCUPANTES DO IMÓVEL: Não apurado.

BENS DESTRUÍDOS: Não apurado.

Viaturas Registradas nesta ocorrência:								
Viatura	Posto	Saída	Chegada Local	Saída Local	Chegada Hospital	Saída Hospital	Retorno	Guarnição
ABTR 10897	Posto Boqueirão	08/08/2015 12:34	08/08/2015 13:00	08/08/2015 13:42	00/00/0000 00:00	00/00/0000 00:00	08/08/2015 13:50	[REDACTED]

CHEFE DO SOCORRO: [REDACTED] **RESP. P/ REGISTRO:** [REDACTED]

OFICIAL DE SERVIÇO/CHEFE DA PRONTIDÃO: [REDACTED]

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

FIGURA 14 - EXEMPLO DE RGO DE "INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO EM CONJUNTO COM OUTROS MATERIAIS" CLASSIFICADO COMO "INCÊNDIO AMBIENTAL"



SISTEMA DIGITAL DE DADOS OPERACIONAIS
POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ
CORPO DE BOMBEIROS



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

FRAÇÃO: Corpo de Bombeiros de Curitiba - 1º GB - Posto Bairro Novo **DATA:** 03/08/2015 **HORA:** 16:12 **RGO:** 1353638/2015

SOLICITANTE: [REDACTED] **MEIO DE AVISO:** Rádio

ATENDENTE: [REDACTED]

DESCRIPTIVO DA SOLICITAÇÃO: INCÊNDIO AMBIENTAL

TIPO DE OCORRÊNCIA: Incêndio Ambiental

SERVIÇO REALIZADO: Combate a incêndio

DADOS DE LOCALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA:

ENDEREÇO: Avenida das Indústrias, Nº 140 - QUADRÍCULA:000

REFERENCIA: BOSQUE DO TRABALHADOR

BAIRRO: Cidade Industrial **MUNICÍPIO:** Curitiba

AMBIENTE: Vegetação Rasteira **UTILIZAÇÃO:** Desconhecida

COMPOSIÇÃO: Vegetação em geral **ALTURA:** Não observado

ÁREA TOTAL: 0 M2 **ÁREA ATINGIDA:** 0 M2 **ÁREA DE PRESERVAÇÃO:** Não

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS:

SITUAÇÃO NO LOCAL: INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO RASTEIRA E ENTULHOS NO BOSQUE DO TRABALHADOR

AÇÕES REALIZADAS: COMBATE COM ABAFADORES E ÁGUA.

PROPRIETÁRIO DO IMÓVEL: NÃO APURADO.

OCUPANTES DO IMÓVEL: NÃO APURADO

BENS DESTRUÍDOS: NÃO APURADO

Viaturas Registradas nesta ocorrência:								
Viatura	Posto	Saída	Chegada Local	Saída Local	Chegada Hospital	Saída Hospital	Retorno	Guarnição
ABTR 10901	Posto Bairro Novo	03/08/2015 16:12	03/08/2015 16:23	03/08/2015 17:18	00/00/0000 00:00	00/00/0000 00:00	03/08/2015 17:30	[REDACTED]

CHEFE DO SOCORRO: [REDACTED] **RESP. P/ REGISTRO:** [REDACTED]

OFICIAL DE SERVIÇO/CHEFE DA PRONTIDÃO: [REDACTED]

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

A partir da classificação positiva para incêndio em vegetação, foram coletadas outras informações dos RGOs, como:

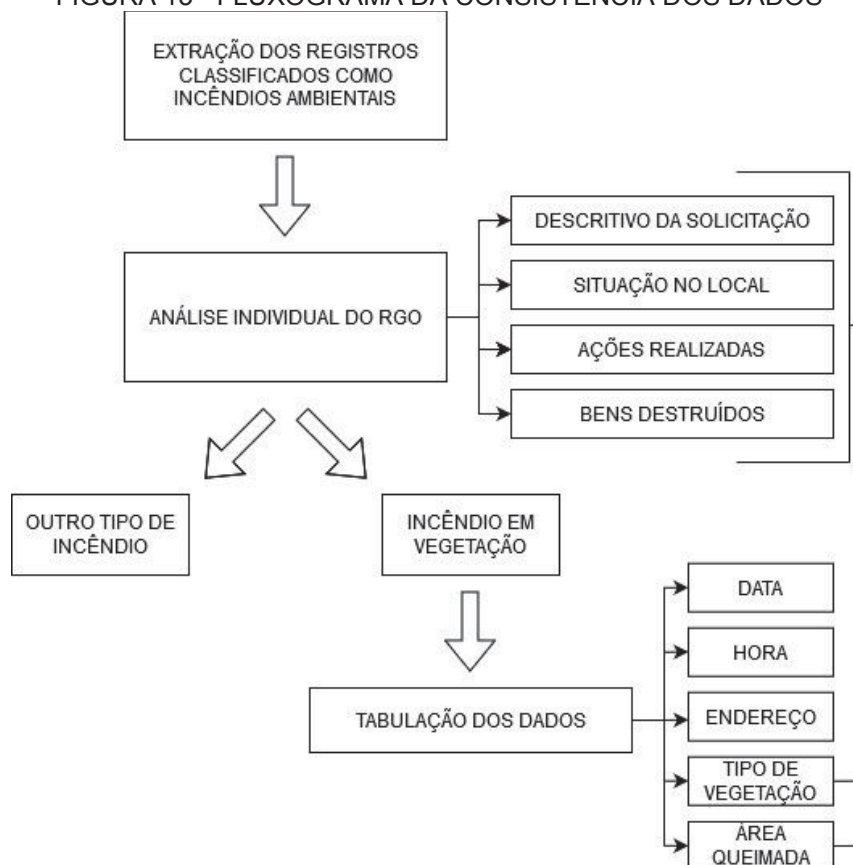
- a) Data: data da ocorrência;
- a) Hora: horário do acionamento, chegada ao local e saída do local;
- b) Endereço: localização da ocorrência;
- c) Composição: tipo de vegetação atingida;
- d) Área atingida: área atingida pelo incêndio.

As informações referentes à composição e área atingida foram baseadas também em outras informações provenientes da análise individual do RGO. É visível junto ao exemplo da FIGURA 13 que, apesar do campo “Área atingida” estar constando “0 m²”, no descritivo da situação no local a área atingida foi de 1.000 m², evidenciando a importância da análise do RGO como um todo.

O registro da área atingida no RGO é proveniente de uma estimativa, percepção esta relativa à equipe que atendeu a ocorrência, pois no período analisado as viaturas do corpo de bombeiros não possuíam em sua totalidade aparelhos de GPS e/ou fitas métricas, impossibilitando um levantamento fidedigno da área atingida.

O fluxograma com o resumo do produto resultante da consistência dos dados está representado na FIGURA 15.

FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS



FONTE: O autor (2021).

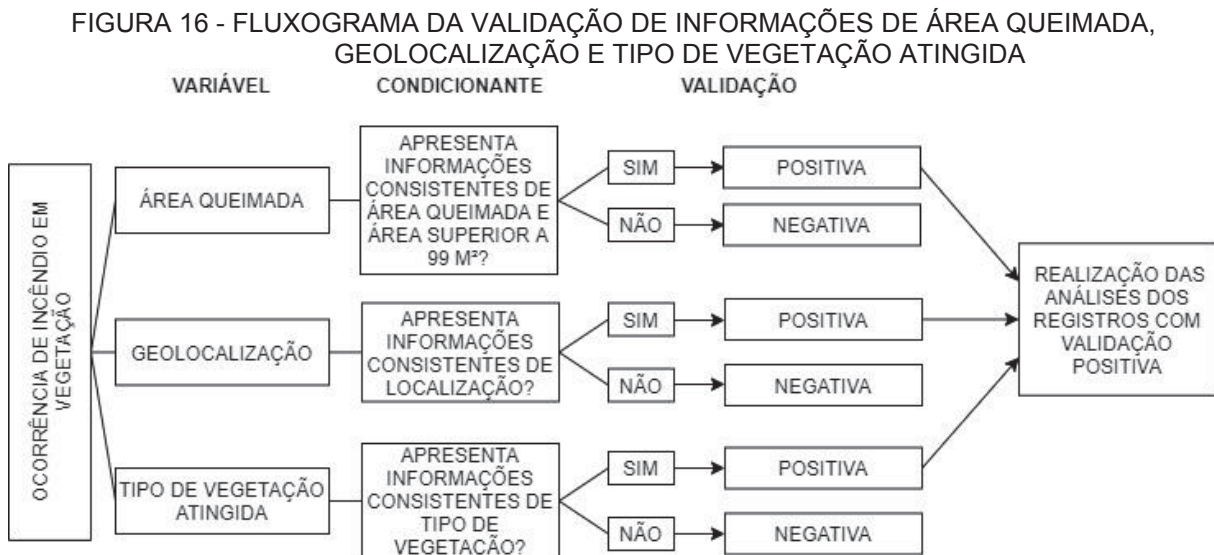
O *software* utilizado para a tabulação, padronização e armazenamento dos dados foi o Excel (MICROSOFT OFFICE, versão 2016).

A análise dos dados foi realizada com base na frequência e área queimada dos incêndios nos dias da semana, meses, anos e municípios da região metropolitana

de Curitiba, bem como o tipo de vegetação atingida, a geolocalização das ocorrências e a análise do horário do acionamento das viaturas para os respectivos atendimentos.

Foi analisada ainda a determinação do número de dias de cada ano e mês nos quais ocorreram incêndios, corroborando com estudos realizados por Ferreira, Batista e Tetto (2018), Rodriguez e Menzonet (2004) e Tetto (2012), pois esta informação possibilita a identificação dos períodos que possuem um maior número de dias com ocorrência de um ou mais incêndios.

Com todas as informações reunidas realizou-se uma validação dos dados, separando os registros de acordo com as informações que puderam ser extraídas para posterior distribuição no período analisado. O fluxograma apresentado na FIGURA 16 demonstra o processo de validação realizado de acordo com as variáveis.



FONTE: O autor (2021).

Para a área queimada, foram considerados os RGOs que apresentaram valores superiores a 99 m², pois foi observado que em muitos registros houve equívoco no preenchimento desta variável, confundindo com outras unidades de medidas como o hectare. A sua distribuição se deu com base nos registros que satisfizeram a referida condicionante.

A classificação do tipo de vegetação atingida foi realizada tendo como base uma percepção individual do autor acerca dos registros, procurando agrupar o máximo possível as diferentes classificações registradas pelas equipes que atenderam as ocorrências, tendo sua distribuição condicionada a presença desta informação nos

registros. Os registros foram separados em seis tipos de vegetação atingida: árvore isolada, cultivo agrícola, cultivo florestal, vegetação com edificação, vegetação com resíduos urbanos e vegetação em geral.

Para a espacialização da distribuição dos incêndios em vegetação em cada município da área de estudo, foi utilizado o endereço registrado no RGO mediante geolocalização realizada pelo complemento *Geocode cells* do Google Docs. O referido complemento identifica o nome do endereço cadastrado e converte em coordenadas geográficas de acordo com a base de dados do Google Maps. Quando o endereço não apresenta numeral, o *Geocode cells* utiliza o centro do logradouro inserido como coordenadas geográficas.

Ainda, a geolocalização dos incêndios em vegetação foi relacionada com a cobertura e uso do solo obtida através do MAPBIOMAS (2020) para o ano de 2016, obtendo assim a classificação do local de ocorrência do evento. Nos casos em que não foram observadas informações que permitiram a geolocalização do RGO, não houve a distribuição da referida variável.

Para se realizar uma comparação entre os municípios da área de estudo, foi necessário adotar um índice que possibilitasse estabelecer mais igualdade entre os mesmos, visto que cada um apresenta uma área diferente, bem como número diferente de habitantes. Assim, com base nos valores médios de número de registros foram obtidas as densidades da média do número de registros por cada mil habitantes (DH) e a densidade do número de registros por cada mil hectares de área do município (DI).

Ainda, devido ao fato de que alguns municípios apresentaram poucos registros de incêndio em vegetação, optou-se por realizar um agrupamento mediante análise de conglomerados (*cluster*) seguindo o método de Ward e utilizando a distância euclidiana ao quadrado, para identificação destes municípios com base no DH e DI, objetivando dar ênfase aos locais mais atingidos por este evento.

A confecção de mapas temáticos, bem como a utilização e análise das coordenadas dos RGOs foram realizadas mediante utilização do *software* ArcMap (ESRI, versão 10.5). Dentre as ferramentas utilizadas do referido *software*, destaca-se as ferramentas de *Spatial Analyst* (análise espacial). Os mapas apresentados no trabalho utilizaram como intervalo de classe o método quantil, tendo cada classe o mesmo número de feições.

Para a espacialização dos registros de incêndios foi utilizada a densidade de pontos de Kernel e para a área queimada a densidade de acordo com a referida variável, abrangendo uma escala de “nula” a “muito alta”, sendo que quando não foram obtidas informações de geolocalização do registro de incêndio obteve-se a classificação “nula” para a localidade.

O fluxograma com o resumo das informações analisadas e suas distribuições está apresentado na FIGURA 17.

FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DAS INFORMAÇÕES ANALISADAS E SUAS DISTRIBUIÇÕES

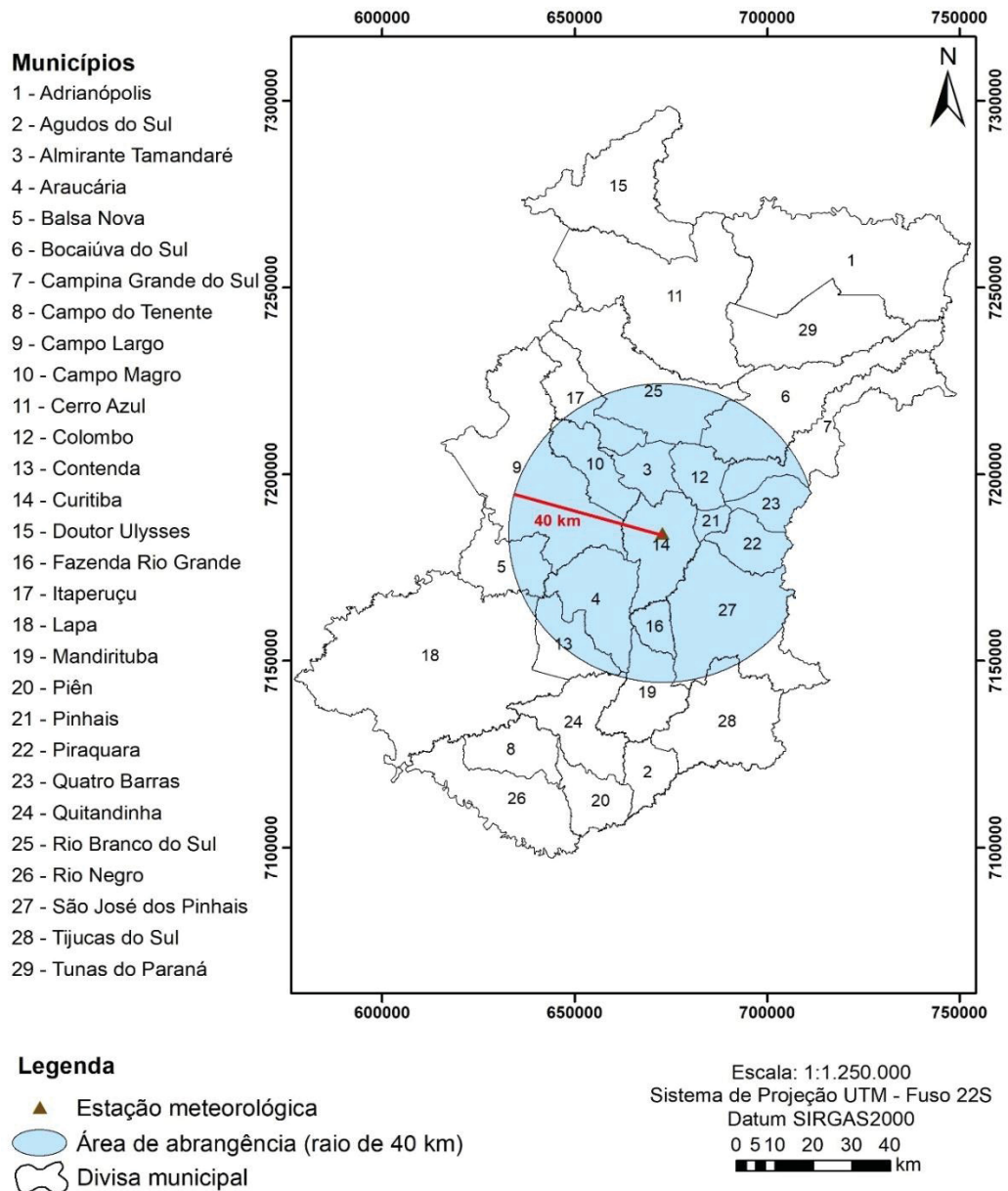


FONTE: O autor (2021).

3.3.2 Variáveis meteorológicas

Para a utilização das variáveis meteorológicas referentes à umidade relativa do ar diária medida às 12 horas e insolação total diária, foi necessário dividir a área de estudo englobando os municípios presentes na área de uma circunferência com raio de 40 km da estação meteorológica de Curitiba (FIGURA 18). Este valor foi adotado seguindo a recomendação de Soares, Batista e Tetto (2017), pois representa o limite de validade e segurança para obtenção de índices de predição de incêndios.

FIGURA 18 - ÁREA ABRANGIDA PELA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CURITIBA



FONTE: ITCG (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Com isso, denominou-se “subárea de estudo” a composição de todos os municípios que foram englobados por 50% ou mais do limite da circunferência de raio de 40 km da estação meteorológica de Curitiba, bem como os municípios que apresentaram maior número de ocorrências geolocalizadas na delimitação da referida circunferência (TABELA 6).

TABELA 6 - MUNICÍPIOS PERTENCENTES À SUBÁREA DE ESTUDO

MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL	ÁREA ENGLOBADA PELA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	
	km ²	km ²	% da área total municipal
Almirante Tamandaré	193,978	193,978	100
Araucária	470,026	470,026	100
Balsa Nova*	347,618	131,992	38,0
Bocaiúva do Sul*	812,217	247,191	30,4
Campina Grande do Sul*	542,128	149,728	27,6
Campo Largo*	1.241,188	578,045	46,6
Campo Magro	274,579	270,742	98,6
Colombo	197,377	197,377	100
Contenda	295,806	173,526	58,7
Curitiba	434,863	434,863	100
Fazenda Rio Grande	116,776	116,776	100
Itaperuçu*	322,850	129,822	40,2
Pinhais	60,840	60,840	100
Piraquara	224,780	224,780	100
Quatro Barras	180,667	180,667	100
Rio Branco do Sul*	819,693	372,521	45,4
São José dos Pinhais	945,998	757,936	80,1

FONTE: ITCG (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Apresentou menos de 50% da área total englobada pela estação meteorológica, mas com maior número de ocorrências geolocalizadas na referida delimitação.

3.3.3 Testes estatísticos

Os testes estatísticos foram aplicados para o número de ocorrências, número de dias com incêndio e área queimada de acordo os intervalos horários diários, dias da semana, meses, anos e municípios da área de estudo, sendo considerado o horário da ocorrência, os dias da semana, meses e municípios como tratamentos, e os anos como repetições.

Utilizou-se ainda variáveis territoriais e dados meteorológicos para verificação de correlações entre as diferentes variáveis, ressaltando que a umidade relativa

medida às 12 horas e a média mensal da insolação total somente foram utilizadas em conjunto das demais variáveis nos municípios que compuseram a subárea de estudo.

Além da utilização do *software* Excel (versão 2016) para testes estatísticos básicos, também foram utilizados para os testes mais avançados *softwares* como o LibreOffice Calc (versão 6.4.2.2), SISVAR (versão 5.7), Statgraphics Centurion XVI (versão 16.1.03) e IBM SPSS Statistics (versão 20.0).

Tanto para a observação de diferenças significativas entre os dados quanto às suas correlações, foi necessária a verificação dos pressupostos de normalidade dos dados e de homogeneidade de variância.

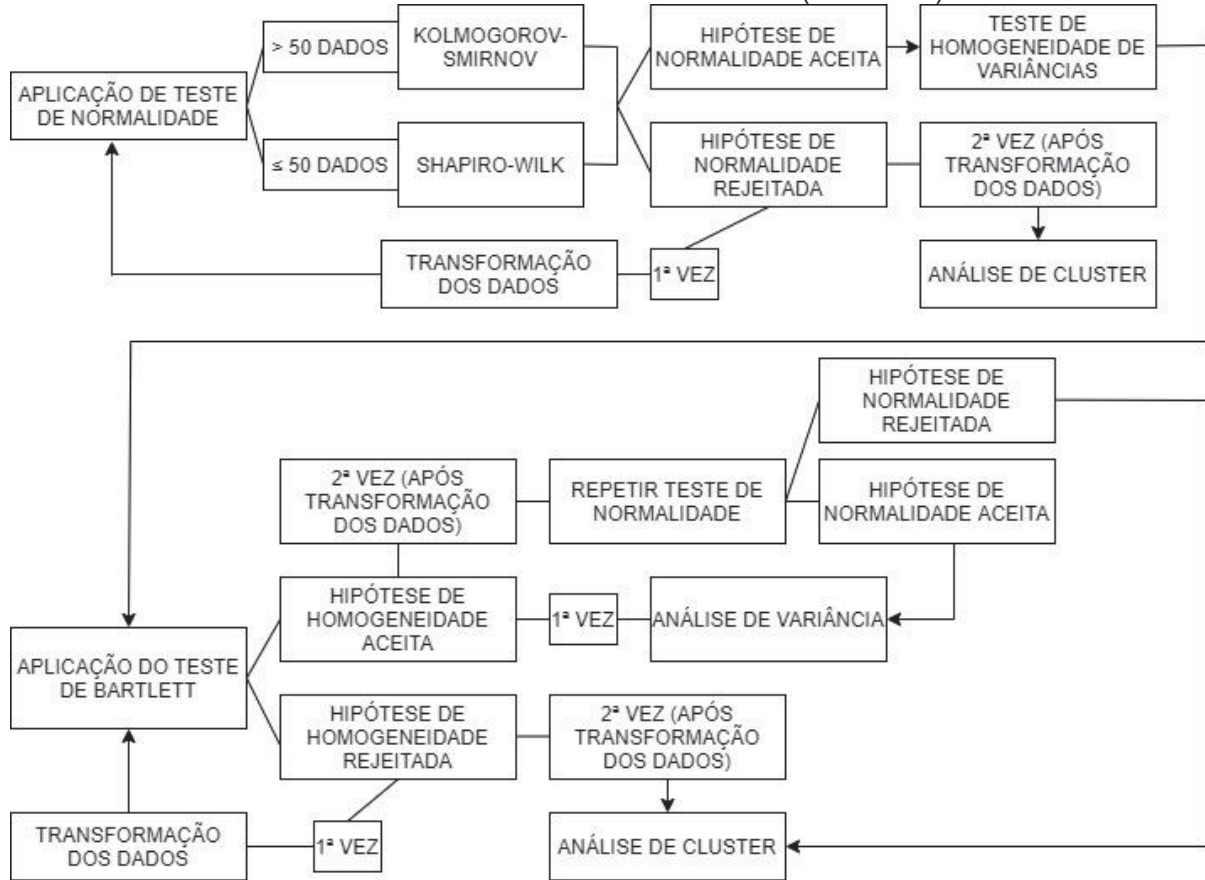
Os testes de normalidade foram aplicados seguindo recomendações de diversos autores (MIOT, 2018; FEIJOO, 2010; CALLEGARI-JACQUES, 2003). Quando as observações foram iguais ou inferiores a 50, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk e quando superior ao referido valor foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Nos casos em que a hipótese de normalidade foi rejeitada, foi realizada a transformação dos dados por seu logaritmo na base 10. Quando a transformação resultou em valores negativos, foi somada a constante 1 à variável e assim obtido seu logaritmo na base 10 (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Para a realização da análise de variância (ANOVA) o teste de Bartlett foi aplicado ao nível de significância de 0,05, para verificação da hipótese de homogeneidade das variâncias. Quando o pressuposto de homogeneidade foi recusado, aplicou-se a transformação dos dados de forma análoga aos testes de normalidade. A partir da hipótese aceita, procedeu-se a ANOVA com um nível de significância de 0,05, com base em um delineamento inteiramente casualizado de fator único, porém quando recusado, foi utilizada a análise não paramétrica de conglomerados (*cluster*), utilizando o método de Ward e a distância euclidiana ao quadrado.

Nos casos em que houve diferença significativa na execução da ANOVA entre os tratamentos, a média de cada tratamento foi comparada com as demais utilizando-se o teste SNK (Student-Newman-Keuls), também com um nível de significância de 0,05.

O fluxograma da FIGURA 19 apresenta os procedimentos realizados para aplicação da ANOVA ou análise de conglomerados (*cluster*).

FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA APLICAÇÃO DA ANOVA OU DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS (*CLUSTER*)

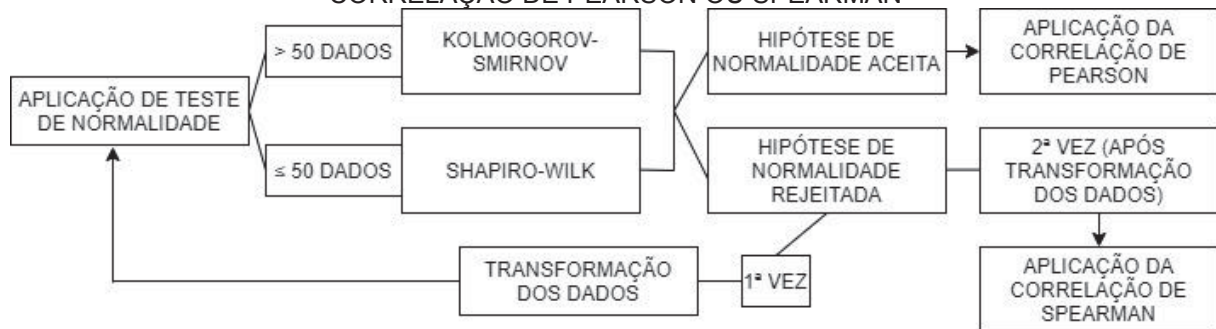


FONTE: O autor (2021).

Para a correlação dos dados em geral, também foi seguido o pressuposto de normalidade. Nos casos em que houve uma distribuição normal dos dados, o teste de correlação de Pearson foi empregado. Quando não houve distribuição normal dos dados, mesmo após da transformação dos valores, foi realizado o teste de correlação de postos de Spearman, substituindo os dados originais por postos ordenados, sendo ambos os testes de correlação verificados ao nível de 0,05 de significância estatística (MIOT, 2018; CALLEGARI-JACQUES, 2003).

O fluxograma da FIGURA 20 apresenta os procedimentos adotados para as análises de correlação.

FIGURA 20 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA APLICAÇÃO DA CORRELAÇÃO DE PEARSON OU SPEARMAN



FONTE: O autor (2021).

Para a classificação do grau de relação entre as variáveis na correlação de Pearson e de Spearman, foi utilizado como referência a TABELA 7.

TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE CORRELAÇÃO

r	CLASSIFICAÇÃO
0	Nula
0,01 - 0,29	Fraca
0,30 - 0,59	Regular
0,60 - 0,89	Forte
0,90 - 0,99	Muito forte
1,00	Plena ou perfeita

FONTE: Callegari-Jacques (2003), elaborado pelo autor (2021).

3.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIO

Para determinação do índice de perigo de incêndios, foi utilizada a “Fórmula de Monte Alegre” (FMA) proposta por Soares (1972), que utiliza diretamente a umidade relativa do ar medida às 13 horas e como um fator restritivo o cumulativo da precipitação pluviométrica representada na seguinte equação:

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{Hi} \right)$$

Onde:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

Hi = umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas

n = número de “*i*” dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

Foi realizada uma adaptação da FMA para a utilização da umidade relativa do ar medida às 12 horas, uma vez que a estação meteorológica de onde os dados foram obtidos realiza as medições ao meio-dia.

A restrição ao somatório da FMA, com base na precipitação pluviométrica do dia, está apresentada na TABELA 8.

TABELA 8 - RESTRIÇÕES À SOMATÓRIA DA FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÃO DO CÁLCULO
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.

FONTE: Soares (1972), elaborado pelo autor (2021).

A TABELA 9 apresenta a escala utilizada para interpretação do grau de perigo estimado pela FMA.

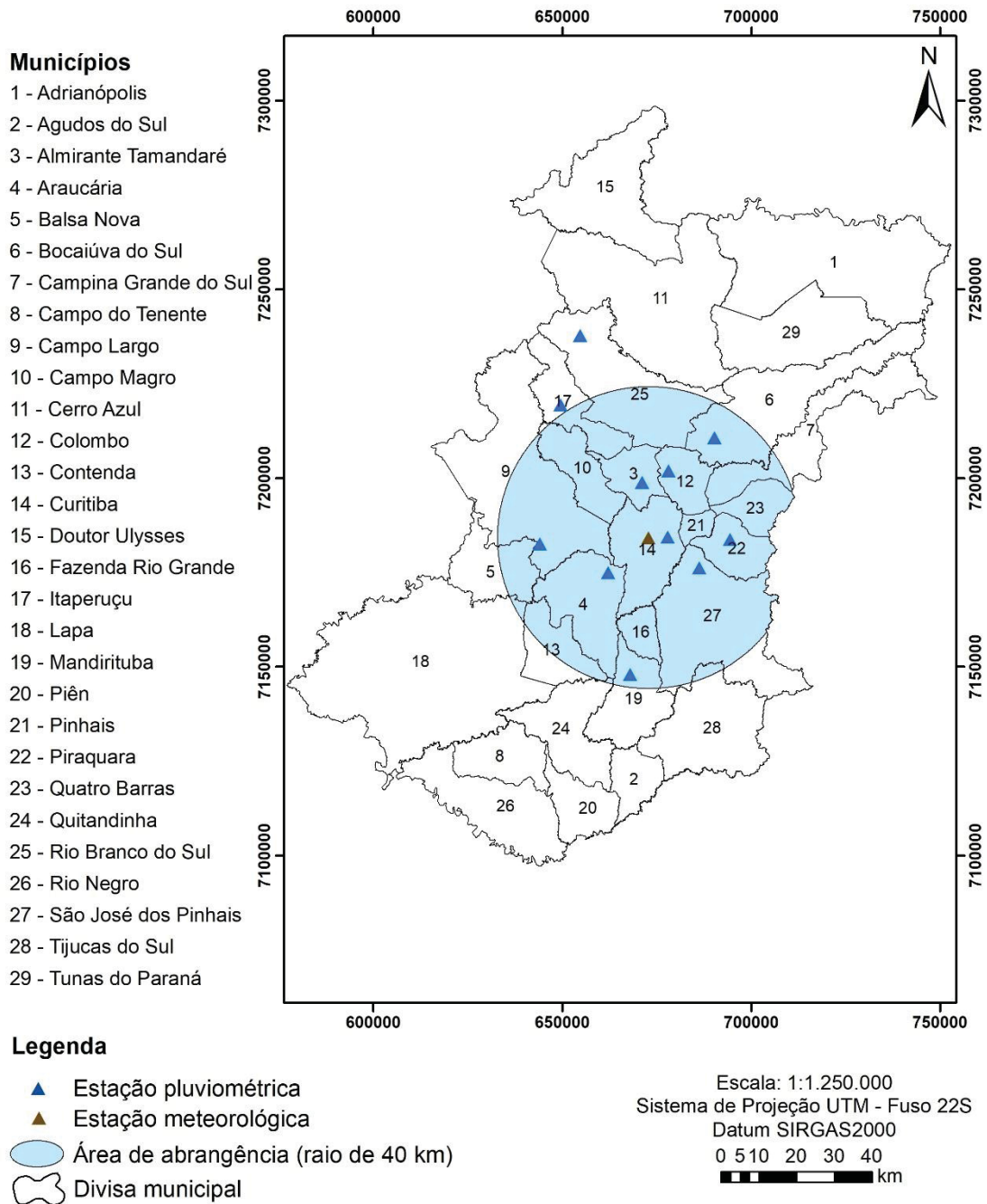
TABELA 9 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

VALOR DE FMA	GRAU DE PERIGO
≤ 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito alto

FONTE: Soares (1972), elaborado pelo autor (2021).

A precipitação diária foi obtida das estações pluviométricas presentes na subárea de estudo e a umidade relativa do ar medida às 12 horas foi obtida da estação meteorológica de Curitiba (FIGURA 21).

FIGURA 21 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZADA PARA A OBTENÇÃO DA FMA



FONTE: ITCG (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Foi verificado o grau de perigo de incêndios de acordo com a FMA para cada dia no período analisado dos municípios presentes na subárea de estudo. A verificação da eficiência da FMA para previsão do perigo de incêndios no período analisado foi realizada para a subárea de estudo através da distribuição do número

de dias, número de dias com incêndio e número de ocorrências de acordo com o grau de perigo.

Também foi analisada a distribuição dos dias de acordo com o grau de perigo de incêndio considerando intervalos de classe fixos de quatro ocorrências ao dia, uma vez que determinado grau de perigo de incêndios pode apresentar maior predominância que os outros devido ao fato de apresentar apenas um incêndio no dia.

Ainda, a eficiência foi analisada mediante uma tabela de contingência para obtenção do *skill score* (SS) e da porcentagem de sucesso (PS), que de acordo com Sampaio (1999) baseia-se nos casos previstos e nos casos observados (incêndio e não incêndio), comparados com os valores observados e os valores previstos do evento em uma mesma população.

De acordo com Sampaio (1999), Tetto (2012), Nunes (2005), Kovalsyki (2016) e Ferreira (2016), para o cálculo da tabela de contingência foram considerados os índices “nulo” e “pequeno” como não indicação de perigo da ocorrência de incêndios, e os índices “médio”, “alto” e “muito alto” como indicação de perigo da ocorrência de incêndios. Nas TABELAS 10 e 11 é apresentada a tabela de contingência utilizada para o cálculo do *skill score*.

TABELA 10 - TABELA DE CONTINGÊNCIA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
PREVISTO	INCÊNDIO	a	b	$N2 = a + b$
	NÃO INCÊNDIO	c	d	$N4 = c + d$
TOTAL OBSERVADO		$N1 = a + c$	$N3 = b + d$	$N = a + b + c + d$

FONTE: Sampaio (1999), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 11 - CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
PREVISTO	INCÊNDIO	$a / (a + c)$	$b / (b + d)$	1
	NÃO INCÊNDIO	$c / (a + c)$	$d / (b + d)$	1
TOTAL OBSERVADO		1	1	2

FONTE: Sampaio (1999), elaborado pelo autor (2021).

Tem como variáveis:

N: número total de observações ($N = a + b + c + d$)

G: número de acertos na previsão ($G = a + d$)

H: número de acertos esperado [$H = N \cdot (1 - p) \cdot (1 - q) + N \cdot p \cdot q$]

Onde:

$$p = N1 / N$$

$$q = N2 / N$$

$$SS \text{ (skill score)} = (G - H) / (N - H)$$

$$PS \text{ (porcentagem de sucesso)} = G / N$$

Quanto maior o valor da *skill score* e de porcentagem de sucesso obtidos, melhor é o desempenho da fórmula para o local e período testado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VALIDAÇÃO DOS DADOS

4.1.1 Número de ocorrências

No período de 2011 a 2016 foram contabilizados 7.548 registros de incêndio ambiental de acordo com a classificação do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, dos quais 5.472 (72,5%) foram validados como incêndio em vegetação e 2.075 (27,5%) foram descartados por não apresentarem características de incêndio em vegetação.

A distribuição desses incêndios de acordo com os municípios da área de estudo está apresentada na TABELA 12.

TABELA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA VALIDAÇÃO POSITIVA DOS REGISTROS CLASSIFICADOS COMO INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO

(continua)

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DOS REGISTROS		TOTAL DE INCÊNDIOS AMBIENTAIS
	n°	% do total de incêndios ambientais	
Adrianópolis	0	0,0	0
Agudos do Sul	2	66,7	3
Almirante Tamandaré	252	82,4	306
Araucária	433	79,7	543
Balsa Nova	27	79,4	34
Bocaiúva do Sul	19	82,6	23
Campina Grande do Sul	282	85,2	331
Campo do Tenente	7	100	7
Campo Largo	346	80,5	430
Campo Magro	29	64,4	45
Cerro Azul	1	100	1
Colombo	508	76,3	666
Contenda	5	83,3	6
Curitiba	1.622	57,2	2.837
Doutor Ulysses	0	0,0	0
Fazenda Rio Grande	176	82,2	214
Itaperuçu	35	87,5	40
Lapa	259	86,0	301
Mandirituba	23	95,8	24
Piên	21	91,3	23
Pinhais	142	74,3	191
Piraquara	178	91,8	194

TABELA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA VALIDAÇÃO POSITIVA DOS REGISTROS CLASSIFICADOS COMO INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DOS REGISTROS		TOTAL DE INCÊNDIOS AMBIENTAIS
	n°	% do total de incêndios ambientais	
Quatro Barras	178	85,6	208
Quitandinha	5	83,3	6
Rio Branco do Sul	119	88,8	134
Rio Negro	149	88,7	168
São José dos Pinhais	635	80,4	790
Tijucas do Sul	16	84,2	19
Tunas do Paraná	3	75,0	4
TOTAL	5.472	72,5	7.548

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Ao realizar o teste de Spearman para a relação da taxa de validação dos registros com a taxa de urbanização municipal, obteve-se correlação regular de -0,452 ($p < 0,05$). Na análise da relação do teste de Pearson para a taxa de validação dos registros com o número de habitantes por km² municipal, foi obtido a correlação regular de -0,465 ($p < 0,05$).

Ambos os testes indicaram que os municípios mais urbanizados e com maior número de habitantes por km² apresentaram uma menor taxa de validação dos registros, levando a suposição de que a presença populacional acarreta em uma maior utilização do fogo para a queima de resíduos domiciliares e industriais, aumentando o número de incêndios diversos classificados como “incêndio ambiental”.

No entanto, a análise da taxa de validação dos registros à nível municipal pode trazer percepções errôneas, pois há municípios que apresentaram número de registros consideravelmente menores do que outros, como observado com Campo do Tenente e Cerro Azul, que obtiveram 100% de aproveitamento dos registros, porém apresentaram um total de sete (07) e um (01) registros, respectivamente.

Além disso, não são todos municípios que contam com postos de bombeiros, que são normalmente alocados nos municípios que apresentam maior número de habitantes e maiores taxas de urbanização, podendo influenciar diretamente na tomada de decisão referente ao envio de viaturas para combate ao fogo, pois ao desguarnecer o município em que está sediada, a viatura do corpo de bombeiros estará deixando a população suscetível a um tempo de resposta maior para o

atendimento de diversas outras emergências, como por exemplo incêndios em edificações e acidentes veiculares.

Portanto, há uma avaliação mais apurada durante a triagem da solicitação de emergência para realização do envio de viaturas, principalmente quando se trata de resíduos domiciliares e industriais, conseqüentemente aumentando as taxas de validação das ocorrências de incêndio em vegetação nos municípios sem postos de bombeiro.

Outros trabalhos realizados no estado do Paraná utilizando a base de dados do SYSBM-CCB também realizaram uma filtragem dos registros classificados como incêndio ambiental.

Lorenzetto (2012), ao analisar os registros de incêndios do estado do Paraná de 2007 a 2010, optou por descartar os registros que não apresentavam a indicação de área queimada, tendo um aproveitamento aproximado de 68,2% do total de 40.479 registros no período. Ainda, o autor verificou que a região sul de Curitiba apresentou uma validação de 31,95% dos registros, sendo o menor aproveitamento do Paraná.

Os resultados obtidos pelo referido autor, apesar de apresentar uma consistência dos dados diferente da adotada no presente estudo, indicou uma taxa de validação semelhante ao obtido para a região metropolitana de Curitiba (72,5%). Ainda, Curitiba apresentou o menor valor de validação em ambas as pesquisas.

Kovalsyki *et al.* (2014), ao utilizarem a base de dados do SYSBM-CCB para o município de Ponta Grossa no período de 2006 a 2013, classificaram 50,2% do total de 1.596 registros como incêndios em vegetação. O município de Ponta Grossa possuía em 2010 um grau de urbanização de 97,8% (IBGE, 2010), o que pode justificar a semelhança com o resultado obtido para o município de Curitiba (57,2%) no presente estudo.

4.1.2 Área queimada

Foi verificado que das 5.472 ocorrências de incêndios em vegetação, 48,0% destas (2.624 ocorrências) apresentaram informações válidas de área queimada. A sua distribuição de acordo com os municípios está apresentada na TABELA 13.

TABELA 13 - DISTRIBUIÇÃO DAS CORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DE ÁREA QUEIMADA

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DA ÁREA QUEIMADA		TOTAL DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO
	n°	% do total de incêndios em vegetação	
Adrianópolis	0	0,0	0
Agudos do Sul	1	50,0	2
Almirante Tamandaré	166	65,9	252
Araucária	187	43,2	433
Balsa Nova	14	51,9	27
Bocaiúva do Sul	9	47,4	19
Campina Grande do Sul	121	42,9	282
Campo do Tenente	5	71,4	7
Campo Largo	196	56,6	346
Campo Magro	9	31,0	29
Cerro Azul	0	0,0	1
Colombo	242	47,6	508
Contenda	3	60,0	5
Curitiba	615	37,9	1.622
Doutor Ulysses	0	0,0	0
Fazenda Rio Grande	79	44,9	176
Itaperuçu	27	77,1	35
Lapa	161	62,2	259
Mandirituba	10	43,5	23
Piên	7	33,3	21
Pinhais	70	49,3	142
Piraquara	96	53,9	178
Quatro Barras	80	44,9	178
Quitandinha	3	60,0	5
Rio Branco do Sul	98	82,4	119
Rio Negro	71	47,7	149
São José dos Pinhais	345	54,3	635
Tijucas do Sul	8	50,0	16
Tunas do Paraná	1	33,3	3
TOTAL	2.624	48,0	5.472

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Não foram verificadas correlações significativas entre a taxa de validação de área queimada com o número de habitantes por km² (teste de Pearson: 0,043 – p > 0,05) e com a taxa de urbanização municipal (teste de Spearman 0,056 – p > 0,05).

Rio Branco do Sul (82,4%) e Itaperuçu (77,1%) se destacaram perante os demais municípios por apresentarem maior validação dos registros que apresentaram a área queimada. Ambos os municípios são comumente assistidos pelo PB localizado em Rio Branco do Sul, ou seja, pelas mesmas equipes de bombeiros.

Pela anotação desta variável no RGO ser realizado pelas equipes que atenderam a ocorrência, o resultado obtido evidencia que a obtenção e registro da área queimada foi sensível ao fator humano, indicando que possivelmente, uma cultura de preenchimento correto por parte de diferentes guarnições do corpo de bombeiros pode ter propiciado uma maior validação em alguns municípios quando comparado com outros.

4.1.3 Localização das coordenadas das ocorrências

Das 5.472 ocorrências de incêndio em vegetação, 4.354 (79,6%) ocorrências apresentaram informações que possibilitaram a obtenção das coordenadas de localização. A sua distribuição está apresentada na TABELA 14.

TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DAS COORDENADAS DE LOCALIZAÇÃO

(continua)

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DAS COORDENADAS DE LOCALIZAÇÃO		TOTAL DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO
	nº	% do total de incêndios em vegetação	
Adrianópolis	0	0,0	0
Agudos do Sul	1	50,0	2
Almirante Tamandaré	212	84,1	252
Araucária	371	85,7	433
Balsa Nova	2	7,4	27
Bocaiúva do Sul	5	26,3	19
Campina Grande do Sul	165	58,5	282
Campo do Tenente	2	28,6	7
Campo Largo	252	72,8	346
Campo Magro	20	69,0	29
Cerro Azul	0	0,0	1
Colombo	430	84,6	508
Contenda	3	60,0	5
Curitiba	1.382	85,2	1.622
Doutor Ulysses	0	0,0	0
Fazenda Rio Grande	169	96,0	176
Itaperuçu	28	80,0	35
Lapa	152	58,7	259
Mandirituba	2	8,7	23
Piên	5	23,8	21
Pinhais	121	85,2	142
Piraquara	139	78,1	178
Quatro Barras	149	83,7	178

TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DAS COORDENADAS DE LOCALIZAÇÃO

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DAS COORDENADAS DE LOCALIZAÇÃO		TOTAL DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO
	n°	% do total de incêndios em vegetação	
Quitandinha	3	60,0	5
Rio Branco do Sul	74	62,2	119
Rio Negro	123	82,6	149
São José dos Pinhais	542	85,4	635
Tijucas do Sul	2	12,5	16
Tunas do Paraná	0	0,0	3
TOTAL	4.354	79,6	5.472

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Na aplicação do teste de Spearman entre a taxa de validação das coordenadas de localização com o número de habitantes por km² e com a taxa de urbanização, foram obtidas fortes correlações nos valores de 0,858 ($p < 0,01$) e 0,848 ($p < 0,01$), respectivamente.

Os endereços que não apresentaram validação positiva estavam relacionados às áreas de rodovias (sem numeração) e às áreas rurais (sem nomenclatura de logradouro). De forma geral, maiores quantidades de áreas urbanizadas tendem a apresentar maior extensão da malha viária e identificação destas, sendo importante para o acesso a geolocalização do endereço registrado no RGO.

4.1.4 Tipo de vegetação atingida

Do total de 5.472 ocorrências de incêndio em vegetação, 90,4% (4.956 ocorrências) apresentaram informações que permitiram agrupar em alguma das seis classes de tipo de vegetação atingida.

A distribuição da validação das ocorrências com informações de tipo de vegetação atingida por município está presente na TABELA 15.

TABELA 15 - DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS COM VALIDAÇÃO POSITIVA DO TIPO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA

MUNICÍPIO	VALIDAÇÃO POSITIVA DO TIPO DE VEGETAÇÃO		TOTAL DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO
	n°	% do total de incêndios em vegetação	
Adrianópolis	0	0,0	0
Agudos do Sul	2	100	2
Almirante Tamandaré	232	92,1	252
Araucária	392	90,5	433
Balsa Nova	26	96,3	27
Bocaiúva do Sul	18	94,7	19
Campina Grande do Sul	259	91,8	282
Campo do Tenente	7	100	7
Campo Largo	343	99,1	346
Campo Magro	29	100	29
Cerro Azul	1	100	1
Colombo	420	82,7	508
Contenda	5	100	5
Curitiba	1.554	95,8	1.622
Doutor Ulysses	0	0,0	0
Fazenda Rio Grande	153	86,9	176
Itaperuçu	34	97,1	35
Lapa	221	85,3	259
Mandirituba	23	100	23
Piên	21	100	21
Pinhais	118	83,1	142
Piraquara	161	90,4	178
Quatro Barras	139	78,1	178
Quitandinha	5	100	5
Rio Branco do Sul	72	60,5	119
Rio Negro	139	93,3	149
São José dos Pinhais	565	89,0	635
Tijucas do Sul	14	87,5	16
Tunas do Paraná	3	100	3
TOTAL	4.956	90,6	5.472

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Ao relacionar pelo teste de Spearman as taxas de validação de tipo de vegetação atingida com as taxas de número de habitantes por km² e de urbanização municipal, foram obtidas correlações regulares de -0,396 ($p < 0,05$) e -0,549 ($p < 0,01$), respectivamente.

Os municípios que apresentaram menor validação de informações que permitiram classificar um tipo de vegetação atingida foram Rio Branco do Sul, com 60,5% de validação, Quatro Barras, com 78,3%, e Colombo, com 82,7%.

Novamente o fator humano foi determinante nos registros com maior validação. Em alguns casos a vegetação atingida não foi descrita, o que impossibilitou um agrupamento, sendo que na maioria dos registros foram realizadas classificações genéricas relacionadas a vegetação.

Tetto (2012), ao trabalhar com os registros de uma empresa florestal em Telêmaco Borba, Paraná, no período de 1965 a 2011, verificou que dos 1.676 registros, 1.336 (79,7%) apresentavam informações especificadas do tipo de vegetação atingida. O autor dividiu em 7 classes: eucalipto, pinus, outras espécies plantadas, floresta, capoeira, campo e diversos.

Vosgerau (2005) obteve, no período de 1991 a 2001 no estado do Paraná, um aproveitamento de 92,9% dos registros que apresentaram informações de tipo de vegetação atingida. A partir de um número total de 86 tipos de tipologia encontradas, o autor agrupou mediante critério pessoal em 6 tipos, sendo estes: resíduos de agricultura, vegetação rasteira, capoeira, mata, reflorestamento e sem causa registrada.

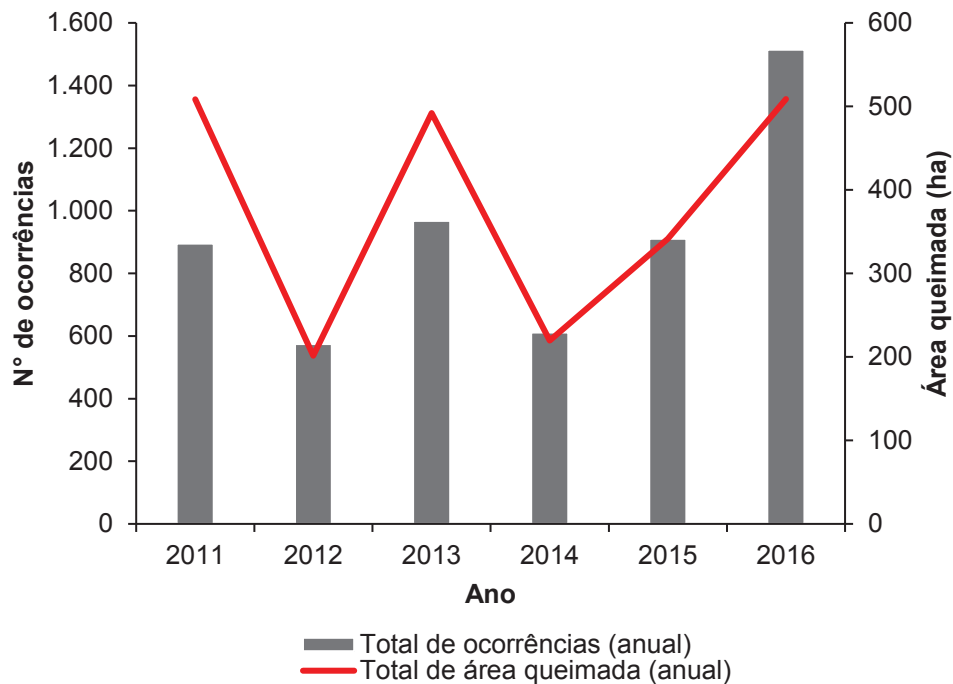
O aproveitamento obtido por Vosgerau (2005) se aproximou mais do presente estudo do que o de Tetto (2012), supostamente pelo fato de que os dados provieram da mesma fonte (corpo de bombeiros) apesar da diferença do período analisado.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS ANUAIS

4.2.1 Número de ocorrências, área queimada e número de dias com incêndio

No período de 2011 a 2016, foi verificado um total de 5.472 ocorrências de incêndios em vegetação na área de estudo e uma área queimada total de 2.271,45 ha, obtidas a partir das 2.624 ocorrências com informações de área queimada, cuja distribuição ao longo do período está apresentada no GRÁFICO 3.

GRÁFICO 3 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

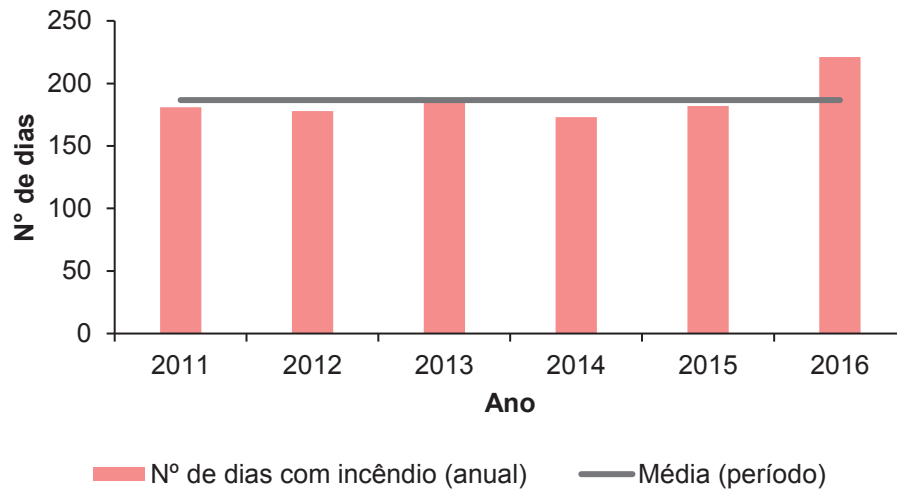
A média anual de ocorrências de incêndios no período foi de 912 ocorrências, sendo que o ano de 2016 apresentou o maior número de ocorrências (1.514 ocorrências - 27,7%), seguido por 2013 (968 ocorrências - 17,7%), 2015 (910 ocorrências - 16,6%), 2011 (895 ocorrências - 16,4%), 2014 (611 ocorrências - 11,2%) e 2012 (574 ocorrências - 10,5%).

No que se refere à área queimada, a média do período foi de 378,575 ha, com destaque para os anos de 2016, 2011 e 2013, que totalizaram respectivamente 508,73 ha, 508,51 ha e 491,83 ha. O ano de 2015 totalizou 341,26 ha queimados, seguido por 2014 com 219,67 ha e 2012 com 201,45 ha de área queimada.

Foi analisada, através do teste de Pearson, a correlação do número de ocorrências e área queimada total anual, obtendo o valor não significativo estatisticamente de 0,778 ($p > 0,05$), tendo como o provável motivo o pequeno tamanho da amostra (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os números de dias anuais com registro de incêndio foram analisados para observar a distribuição ao longo do período e verificar alguma tendência de maior número em determinado ano (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DO TOTAL DO NÚMERO DE DIAS ANUAIS COM INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO

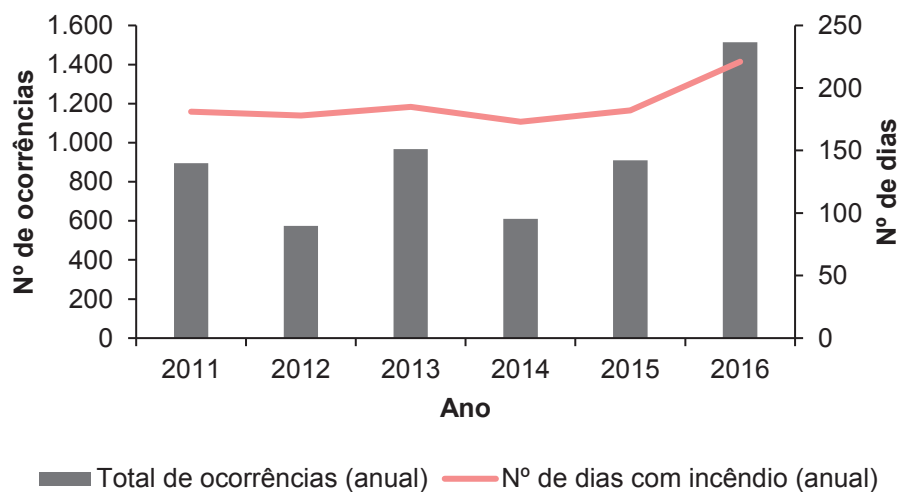


FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Foi obtida uma média anual de 186,67 dias com incêndio no período analisado, com destaque para o ano de 2016 que apresentou 221 dias com incêndios. Foram verificados se os valores anuais de dias com incêndio apresentavam uma correlação isolada com as variáveis número de ocorrências e área queimada.

Na verificação da correlação de Spearman com a variável número de ocorrências, houve uma forte correlação significativa entre as variáveis no valor de 0,943 ($p < 0,05$) (GRÁFICO 5), no entanto ao comparar com a área queimada houve uma correlação não significativa no valor de 0,771 ($p > 0,05$).

GRÁFICO 5 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DOS DIAS COM INCÊNDIO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Procurou-se analisar os motivos que levaram o ano de 2016 a apresentar predominância de incêndios no total de número de ocorrências, área queimada e dias com incêndio. Para isso, as variáveis foram correlacionadas com os valores totais anuais da precipitação, dias sem precipitação e insolação, e com a média anual da umidade relativa medida diariamente às 12 horas (TABELA 16).

TABELA 16 - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO NO PERÍODO DE 2011 A 2016

ANO	TOTAL ANUAL			MÉDIA ANUAL
	PRECIPITAÇÃO	DIAS SEM PRECIPITAÇÃO	INSOLAÇÃO	UMIDADE RELATIVA (12 HORAS)
	mm	dias	horas	%
2011	1.647,1	255,7	1.754,4	86,4
2012	1.462,8	268,2	2.027,1	85,3
2013	1.499,8	264,9	1.800,0	85,9
2014	1.555,7	260,6	1.909,1	84,7
2015	1.783,9	239,5	1.667,6	86,3
2016	1.581,6	258,2	1.909,5	84,3

FONTE: Instituto das Águas do Paraná (2020); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

A TABELA 17 apresenta a relação dos valores anuais entre as variáveis de incêndio em vegetação e as variáveis meteorológicas.

TABELA 17 - RELAÇÃO DOS VALORES ANUAIS ENTRE AS VARIÁVEIS DE INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

VARIÁVEL	N° DE OCORRÊNCIAS		ÁREA QUEIMADA		DIAS COM INCÊNDIO	
	Pearson		Pearson		Spearman	
	valor	p	valor	p	valor	p
Precipitação (total anual)	0,215	0,682	0,202	0,701	0,257	0,623
Dias sem precipitação (total anual)	-0,215	0,682	-0,141	0,789	-0,257	0,623
Insolação (total anual)	-0,196	0,710	-0,475	0,341	-0,143	0,787
Umidade relativa diária obtida às 12 horas (média anual)	-0,278	0,594	0,227	0,665	-0,086	0,872

FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Não foram observadas correlações significativas entre as variáveis, demonstrando que os valores anuais das variáveis meteorológicas não apresentaram relação com o número de incêndios. Um dos motivos que pode ter levado à ausência de significância nas correlações é a baixa sensibilidade dos testes de Pearson e Spearman quando aplicados a um pequeno conjunto de dados.

Ao analisar os registros de incêndios em vegetação em outros locais da América do Sul no mesmo período, há evidências de que o ano de 2016 também foi um dos mais afetados no período analisado, corroborando com os resultados obtidos na área de estudo.

Na Argentina, o ano de 2016 também foi o que apresentou maior número de registros, totalizando 7.519, e a maior área queimada com 1.072.642,14 ha. Supõe-se que a causa deste aumento em comparação com os anos anteriores foi devido a quantidade acumulada de combustível vegetal, fortes ventos, falta de conscientização populacional e o fenômeno “*El Niño*”, que criou condições necessárias para o desenvolvimento dos incêndios na Argentina (*SECRETARÍA DE GOBIERNO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN*, 2018).

No período de 2011 a 2016, no Chile a temporada 2014/2015 foi a que apresentou maior número de registros, totalizando 8.048 incêndios e a temporada 2016/2017 apresentou uma área total queimada de 570.197 ha, superando as temporadas anteriores (com início em 2011) em aproximadamente cinco vezes (CONAF, 2020). A região metropolitana de Curitiba também apresentou o aumento da área queimada no ano de 2016, porém foi de 49,1% se comparado ao ano anterior, menor que o observado no Chile.

No Peru, dos anos de 2012 a 2016, o ano de 2016 também apresentou maior número de área afetada, totalizando 187.605,70 ha (*SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE*, 2018).

No estado do Sergipe, no período de 2011 a 2015, White e White (2016), utilizando metodologia de verificação de focos de calor por imagens de satélites, constataram que o ano de 2015 foi o que apresentou maior incidência de focos de calor, com 299 registros.

Patriota *et al.* (2017), também utilizando metodologia de focos de calor por imagens de satélite, verificaram que de 2011 a 2015, no Tocantins, o ano de 2012 apresentou o maior número de focos de calor com 19.172 focos, seguido pelo ano de 2015 com 17.403 focos.

Apesar da metodologia utilizada pelos estudos de White e White (2016) e Patriota *et al.* (2017) diferirem do presente estudo por avaliarem a presença de focos de calor ao invés de ocorrências de incêndios, demonstram predominância de atividades relacionadas aos incêndios em vegetação nos anos de 2015 e 2012, respectivamente, divergindo dos resultados encontrados para a região metropolitana

de Curitiba. As variações climáticas e de cobertura vegetal entre os locais comparados podem indicar o principal motivo para essa divergência.

Santos *et al.* (2019), comparando a região de Londrina, Brasil e a região de Pisa, Itália, verificaram que de 2011 a 2014 foram registrados 482 incêndios em Londrina e 297 em Pisa, com destaque para o ano de 2011 que apresentou 186 registros em Londrina (38,6% do total de registros no período). Relacionando com a região metropolitana de Curitiba, os anos de 2013 e 2011 foram os mais afetados respectivamente, no mesmo período analisado por Santos *et al.* (2019), indicando que o ano de 2011 apresentou relevância em ambas as áreas de estudo.

4.2.2 Densidades de incêndios por município

Os números de ocorrências e a área queimada anual de cada município da área de estudo estão apresentados nas TABELA 18 e 19 respectivamente.

TABELA 18 - DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS ANUAIS POR MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	MÉDIA ANUAL
Adrianópolis	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Agudos do Sul	0	0	0	0	1	1	2	0,3
Almirante Tamandaré	66	25	58	28	31	44	252	42,0
Araucária	63	39	85	55	66	125	433	72,2
Balsa Nova	7	5	5	4	3	3	27	4,5
Bocaiúva do Sul	2	5	0	1	6	5	19	3,2
Campina Grande do Sul	48	32	38	38	54	72	282	47,0
Campo do Tenente	1	0	1	3	0	2	7	1,2
Campo Largo	77	38	56	40	43	92	346	57,7
Campo Magro	10	4	4	2	3	6	29	4,8
Cerro Azul	0	0	0	0	0	1	1	0,2
Colombo	59	59	93	45	89	163	508	84,7
Contenda	3	0	1	0	1	0	5	0,8
Curitiba	269	201	312	160	313	367	1.622	270,3
Doutor Ulysses	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Fazenda Rio Grande	38	13	37	22	15	51	176	29,3
Itaperuçu	6	2	10	6	2	9	35	5,8
Lapa	53	21	48	39	32	66	259	43,2
Mandirituba	5	4	4	3	0	7	23	3,8
Piên	0	2	2	4	2	11	21	3,5
Pinhais	19	10	29	15	20	49	142	23,7
Piraquara	24	13	24	19	33	65	178	29,7
Quatro Barras	37	28	23	22	26	42	178	29,7
Quitandinha	1	0	3	0	1	0	5	0,8
Rio Branco do Sul	23	22	26	12	17	19	119	19,8
Rio Negro	18	22	28	23	13	45	149	24,8
São José dos Pinhais	62	29	79	67	138	260	635	105,8
Tijucas do Sul	4	0	0	2	1	9	16	2,7
Tunas do Paraná	0	0	2	1	0	0	3	0,5
TOTAL	895	574	968	611	910	1.514	5.472	912

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 19 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS ANUAIS POR MUNICÍPIO (ha)

MUNICÍPIO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	MÉDIA ANUAL
Adrianópolis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agudos do Sul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Almirante Tamandaré	16,3	1,3	20,5	12,2	4,5	17,3	72,0	12,0
Araucária	50,6	4,6	12,4	11,5	7,6	16,8	103,4	17,2
Balsa Nova	15,0	8,1	23,0	0,5	0,0	2,3	48,9	8,2
Bocaiúva do Sul	0,2	9,2	0,0	2,4	8,1	0,2	20,1	3,4
Campina Grande do Sul	84,8	3,0	4,2	5,1	29,5	26,9	153,6	25,6
Campo do Tenente	2,7	0,0	1,0	3,4	0,0	7,2	14,3	2,4
Campo Largo	28,0	17,1	24,6	6,7	7,6	26,4	110,4	18,4
Campo Magro	2,6	0,0	1,0	0,0	2,2	0,0	5,8	1,0
Cerro Azul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Colombo	22,4	16,3	13,1	18,4	36,8	48,2	155,2	25,9
Contenda	5,8	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	6,3	1,1
Curitiba	38,4	22,6	21,7	17,6	22,9	18,8	142,1	23,7
Doutor Ulysses	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fazenda Rio Grande	2,6	1,6	11,8	2,7	3,4	4,7	26,7	4,4
Itaperuçu	35,2	2,0	6,7	17,6	0,0	4,4	66,0	11,0
Lapa	8,4	47,0	91,3	6,0	3,9	6,9	163,6	27,3
Mandirituba	0,5	2,2	0,2	0,2	0,0	1,0	4,1	0,7
Piên	0,0	0,7	0,0	0,8	0,5	0,2	2,3	0,4
Pinhais	42,5	0,2	4,3	11,4	2,8	12,8	74,0	12,3
Piraquara	22,8	3,2	9,0	8,9	111,2	137,1	292,2	48,7
Quatro Barras	16,0	6,2	107,4	6,7	5,2	2,7	144,2	24,0
Quitandinha	0,5	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,9
Rio Branco do Sul	5,1	45,9	75,2	64,6	13,8	6,9	211,5	35,2
Rio Negro	2,6	3,4	11,6	1,2	0,2	1,7	20,5	3,4
São José dos Pinhais	98,6	6,8	42,3	16,8	80,5	115,8	360,8	60,1
Tijucas do Sul	7,0	0,0	0,0	5,0	0,5	50,3	62,8	10,5
Tunas do Paraná	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,8
TOTAL	508,5	201,5	491,8	219,7	341,3	508,7	2.271,5	378,6

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Com relação ao número absoluto de ocorrências, os municípios de Curitiba (1.622 ocorrências), São José dos Pinhais (635 ocorrências) e Colombo (508 ocorrências) foram os que apresentaram maiores valores, representando juntos o total de 50,5% das ocorrências.

Quanto à área queimada, os municípios mais afetados em valores absolutos foram São José dos Pinhais (360,8 ha), Piraquara (211,5 ha) e Rio Branco do Sul (211,5), que totalizaram 38,1% da área queimada total da área de estudo.

Tanto os municípios com maior número de ocorrências, quanto os com maior valor de área queimada estão presentes na região central da área de estudo, demonstrando a problemática deste evento no local.

A TABELA 20 apresenta as densidades da média do número de ocorrências por cada mil habitantes (DH) e a densidade do número de ocorrências por cada mil ha de área do município (DI).

TABELA 20 - DENSIDADES DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS POR 1.000 HABITANTES E POR 1.000 HA DE ÁREA DO MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	MÉDIA DO N° DE OCORRÊNCIAS / 1.000 HABITANTES DO MUNICÍPIO	MÉDIA DO N° DE OCORRÊNCIAS / 1.000 HA DE ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO
Adrianópolis	0,000	0,000
Agudos do Sul	0,036	0,017
Almirante Tamandaré	0,364	2,165
Araucária	0,525	1,535
Balsa Nova	0,357	0,129
Bocaiúva do Sul	0,254	0,039
Campina Grande do Sul	1,105	0,867
Campo do Tenente	0,149	0,038
Campo Largo	0,453	0,465
Campo Magro	0,171	0,176
Cerro Azul	0,009	0,001
Colombo	0,357	4,290
Contenda	0,046	0,028
Curitiba	0,142	6,217
Doutor Ulysses	0,000	0,000
Fazenda Rio Grande	0,308	2,512
Itaperuçu	0,212	0,181
Lapa	0,898	0,206
Mandirituba	0,149	0,101
Piên	0,281	0,137
Pinhais	0,183	3,890
Piraquara	0,275	1,320
Quatro Barras	1,310	1,642
Quitandinha	0,044	0,019
Rio Branco do Sul	0,610	0,242
Rio Negro	0,733	0,411
São José dos Pinhais	0,344	1,119
Tijucas do Sul	0,163	0,040
Tunas do Paraná	0,063	0,007
TOTAL	9,5	27,8

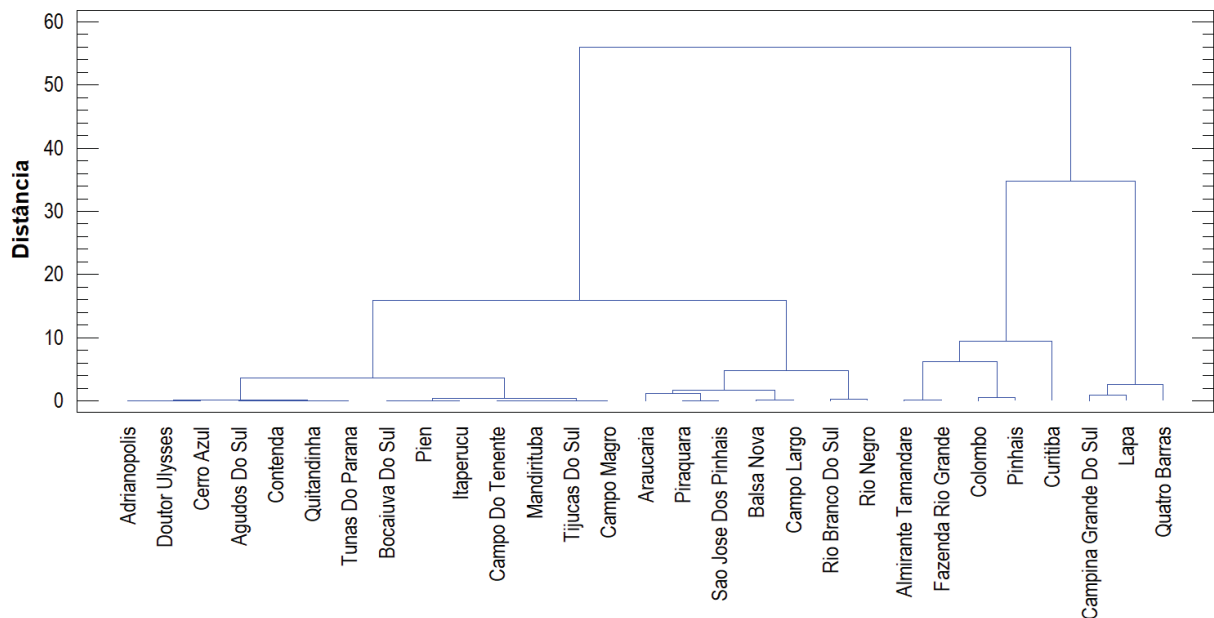
FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

Analisando isoladamente a DH, observa-se que os municípios de Quatro Barras e Campina Grande do Sul foram os que apresentaram maiores valores, com 1,31 e 1,105 ocorrências anuais para cada mil habitantes do município, respectivamente.

Os municípios de Curitiba e Colombo foram os que apresentaram maiores valores de DI, com 6,217 e 4,29 ocorrências anuais para cada mil hectares de área do município, respectivamente.

O dendrograma obtido através do agrupamento entre os municípios, utilizando como variáveis a DH e a DI, está representado no GRÁFICO 6.

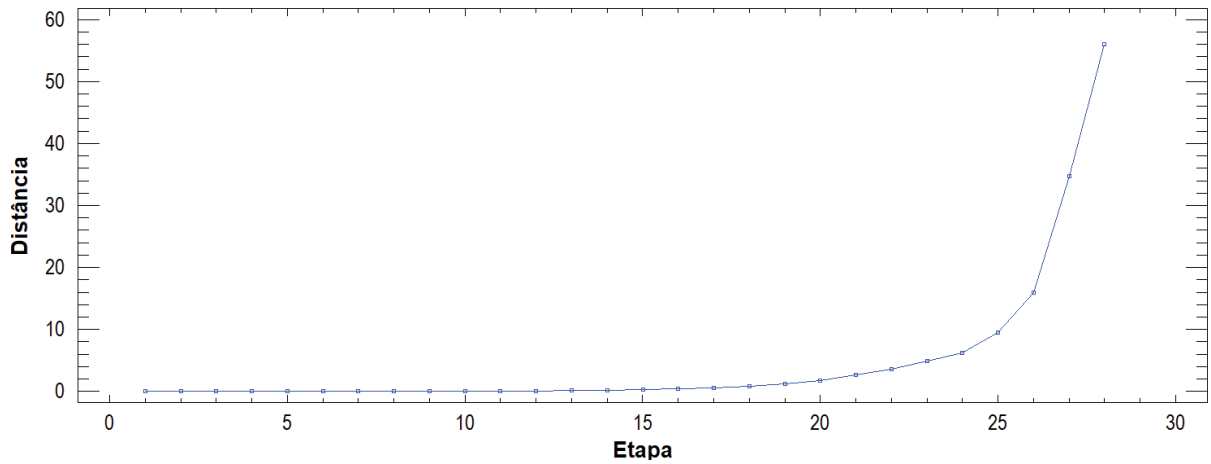
GRÁFICO 6 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DA DI E DH DE ACORDO COM OS MUNICÍPIOS



FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

Utilizando um coeficiente de fusão de 9,46, ponto em que houve uma mudança mais abrupta no gráfico de distância de aglomeração (GRÁFICO 7), foi possível identificar quatro grupos (TABELA 21).

GRÁFICO 7 - DISTÂNCIA EUCLIDIANA AO QUADRADO DA DI E DH DE ACORDO COM OS MUNICÍPIOS



FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 21 - AGRUPAMENTO DOS MUNICÍPIOS DE ACORDO COM A ANÁLISE DE CONGLOMERADO

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Campina Grande do Sul	Almirante Tamandaré	Araucária	Adrianópolis
Lapa	Colombo	Balsa Nova	Agudos do Sul
Quatro Barras	Curitiba	Campo Largo	Bocaiúva do Sul
	Fazenda Rio Grande	Piraquara	Campo do Tenente
	Pinhais	Rio Branco do Sul	Campo Magro
		Rio Negro	Cerro Azul
		São José dos Pinhais	Contenda
			Doutor Ulysses
			Itaperuçu
			Mandirituba
			Piên
			Quitandinha
			Tijucas do Sul
			Tunas do Paraná

FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

Observa-se que o grupo 4 foi formado pelos municípios com os menores DH e DI, bem como, a maioria destes apresentaram uma média de número de ocorrências anuais inferiores a 10 ocorrências, demonstrando assim a baixa relevância que os

incêndios em vegetação representam para estes municípios. Balsa Nova foi o único município com uma média anual inferior a 10 ocorrências (apresentou 4,5) a não fazer parte do grupo 4.

4.2.3 Tipo de vegetação atingida

Os registros com classificação da vegetação atingida foram distribuídos de acordo com os anos de ocorrência, visando verificar se houve diferenças no período (TABELA 22).

TABELA 22 - DISTRIBUIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO ATINGIDA AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO

CLASSIFICAÇÃO VEGETACIONAL	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA	TOTAL	%
	n°	n°	n°	n°	n°	n°			
Árvore isolada	13	10	11	13	15	16	13,0	78	1,6
Cultivo agrícola	8	2	2	5	2	5	4,0	24	0,5
Cultivo florestal	12	23	29	21	17	21	20,5	123	2,5
Vegetação com edificação	3	1	1	1	0	0	1,0	6	0,1
Vegetação com resíduos urbanos	39	25	40	38	49	69	43,3	260	5,2
Vegetação em geral	733	455	799	480	762	1236	744,2	4.465	90,1
TOTAL	808	516	882	558	845	1347	826,0	4.956	100

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

No período analisado, observou-se que houve um predomínio das ocorrências classificadas como “vegetação em geral”, totalizando 90,1% (4.465) do total avaliado. Na sequência aparecem as classificações “vegetação com resíduos urbanos”, “cultivo florestal” e “árvore isolada”, ocupando 5,2, 2,5 e 1,6% do total. Por último a classificação “cultivo agrícola” e “vegetação com edificação” apresentaram respectivamente 0,5 e 0,1% do total encontrado.

A classificação “vegetação em geral” é muito genérica e engloba diversos tipos de vegetação, não trazendo uma diferenciação clara do tipo de vegetação atingida, uma vez que foi responsável por mais que 90% das ocorrências. Como a anotação do ambiente no RGO depende também da equipe que atendeu a ocorrência, é necessário um comprometimento no preenchimento independente do desgaste físico promovido pelo atendimento de um incêndio em vegetação.

No estado do Paraná no período de 1991 a 2001, Vosgerau (2005) verificou que 86,19% das ocorrências apresentaram a tipologia “mata”, “vegetação rasteira” e

“capoeira”, classificações que poderiam se enquadrar na “vegetação em geral” utilizada no presente estudo. O autor encontrou ainda os valores de 3,4% para a tipologia “reflorestamento” e 3,3% para “resíduos de agricultura”.

Torres *et al.* (2010b), em sua área de estudo, verificaram que as áreas de “campos ou pastos” e “lotes vagos” foram as responsáveis pela maior incidência de incêndios, tendo ocorrido nestas áreas 89,43% das ocorrências de Juiz de Fora e 90,24% de Ubá, Minas Gerais, no período de 2001 a 2007. É importante ressaltar as semelhanças territoriais da área de estudo analisada pelos autores com a região metropolitana de Curitiba, porém nas informações obtidas através do SYSBM-CCB não houve fidedignidade para uma classificação do local de ocorrência, portanto não foi considerado um agrupamento para “lotes vagos”.

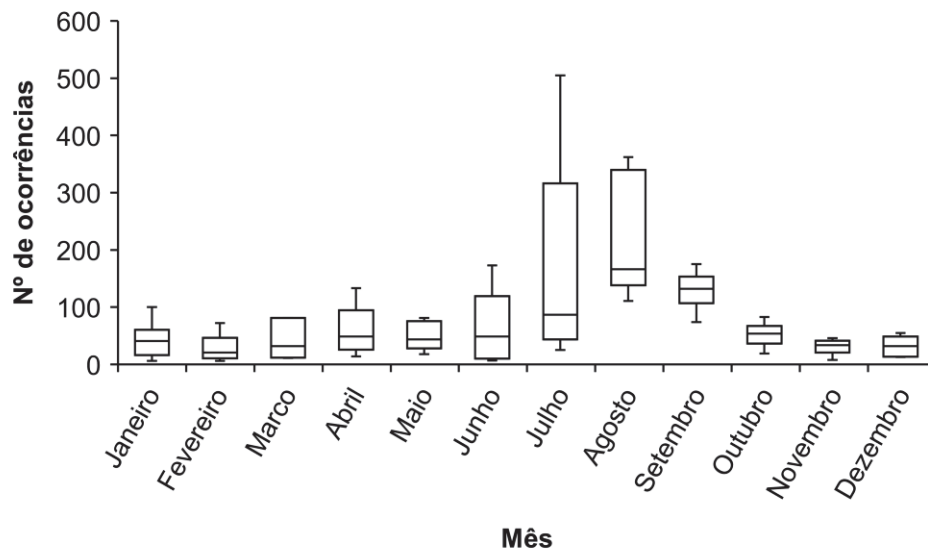
Como 90,1% das ocorrências com vegetação atingida apresentaram a classificação genérica de “vegetação em geral”, optou-se pela não distribuição da classificação de vegetação através dos meses, dias da semana e hora do dia no período analisado.

4.3 DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS MENSAS

4.3.1 Número de ocorrências

Os números de ocorrências de cada ano foram distribuídos de acordo com os meses, gerando o GRÁFICO 8.

GRÁFICO 8 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

As maiores médias obtidas no período analisado ocorreram nos meses de agosto, julho e setembro, apresentando respectivamente 214,2, 167,8 e 129,5 ocorrências, correspondendo juntos por 56,1% das ocorrências do período.

O mês de julho foi o mês que apresentou maior variação no período, com destaque para ano de 2016, quando foi responsável por 33,4% das ocorrências (505 ocorrências).

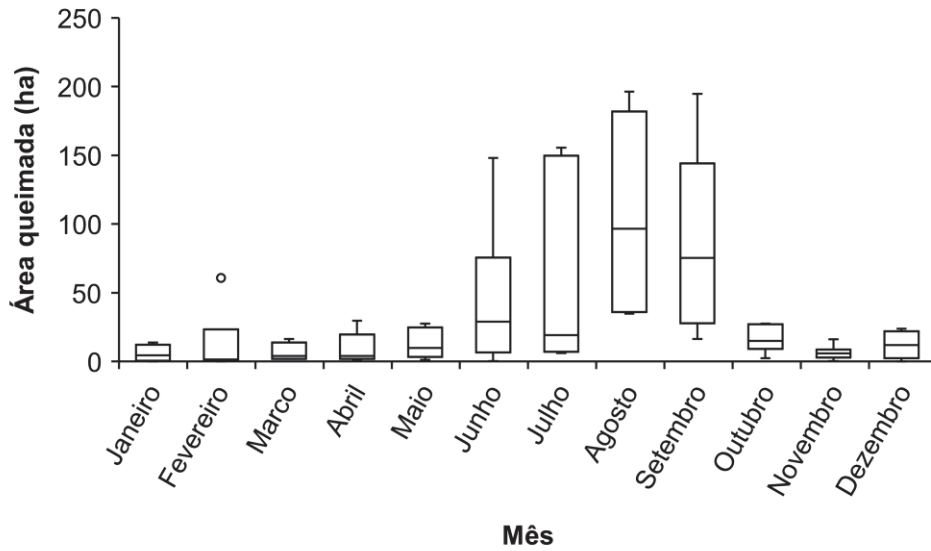
Objetivando minimizar os efeitos das variações, foram verificadas as medianas dos meses no período, apontando os meses de agosto (166,5 ocorrências), setembro (132 ocorrências) e julho (87 ocorrências) respectivamente com os maiores valores.

Os resultados da ANOVA apontaram que há diferença significativa entre os meses no período analisado ($p < 0,001$) e o teste SNK apontou que os meses de julho a setembro são estatisticamente semelhantes entre si.

4.3.2 Área queimada

Foi realizada a distribuição da área queimada total de acordo com os meses do período, gerando o GRÁFICO 9.

GRÁFICO 9 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Observou-se que os meses de agosto e setembro apresentaram os valores máximos do período, respectivamente, e a média foi de 106,25 ha para agosto e 86,78 ha para setembro. A mediana de ambos os meses também foram as maiores, com 96,55 ha em agosto e 75,31 ha em setembro.

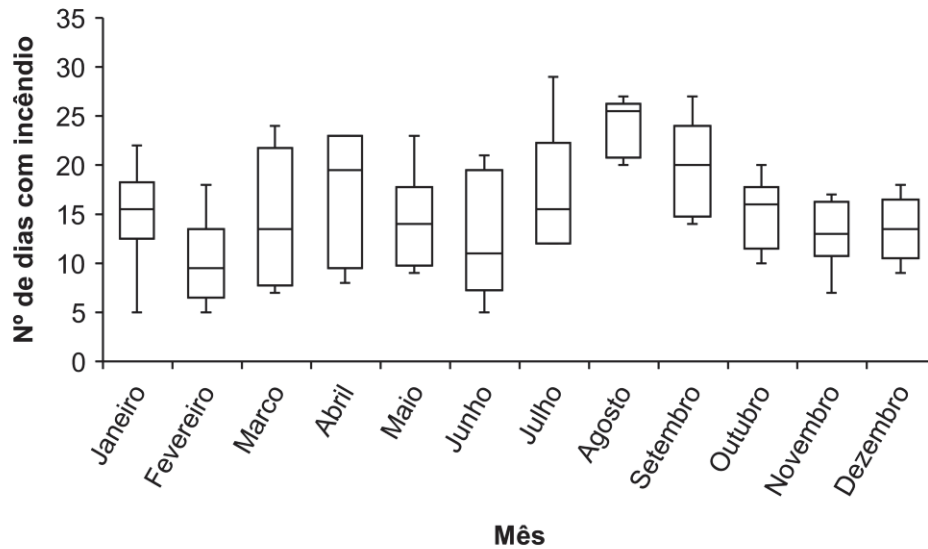
Observa-se um *outlier* no mês de fevereiro, o qual apresentou o total de 60,86 ha queimados neste mês, com destaque para um incêndio ocorrido no dia 09 do respectivo mês no ano de 2014 que consumiu 40 ha no município de Rio Branco do Sul, em um tempo de combate de 217 minutos.

A análise de variância apontou que existe diferença significativa entre os meses no quesito área queimada ($p < 0,001$). Assim, ao se proceder com o teste SNK, observou-se que os meses de junho a outubro são estatisticamente semelhantes.

4.3.3 Número de dias com incêndio

O número médio de dias com incêndio foi distribuído de acordo com os meses do ano no período analisado, apresentando uma média mensal de 15,6 dias com incêndio (GRÁFICO 10).

GRÁFICO 10 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO TOTAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

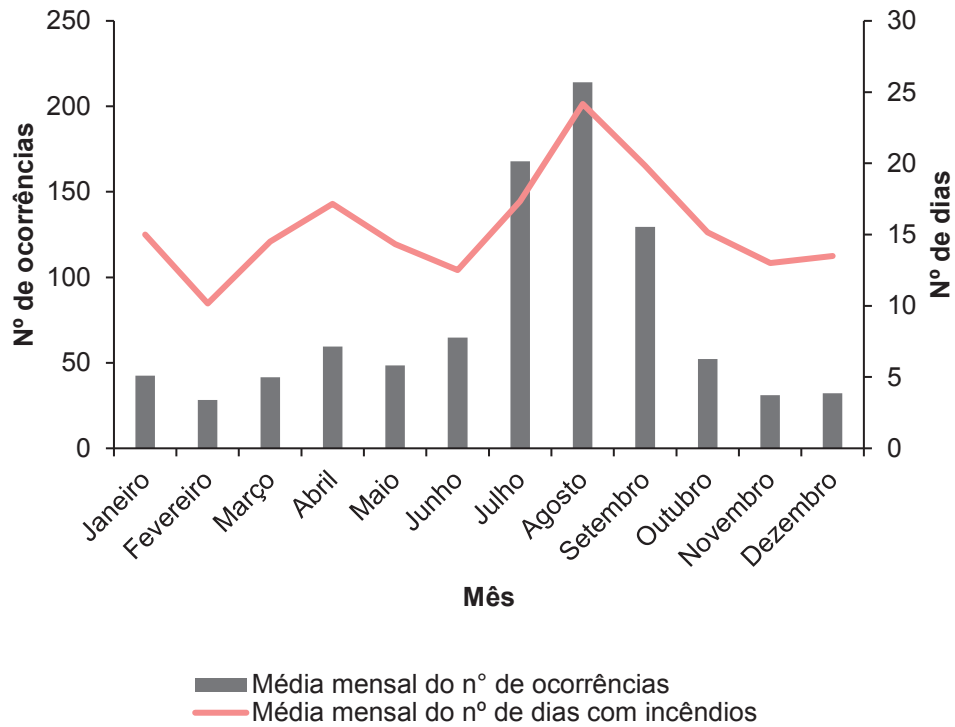
O mês de agosto foi o que apresentou maior média e mediana de número de dias com incêndio, com os valores de 24,2 e 25,5 dias, respectivamente. O mês de setembro apareceu na sequência, com média de 19,8 dias e mediana de 20 dias com incêndio. Observa-se ainda que a menor variação anual ocorreu no mês de agosto, indicando que os altos valores de dias com incêndio foram constantes durante o período analisado.

A análise de variância demonstrou a existência de diferença significativa entre os meses quanto ao número de dias com incêndio ($p < 0,01$). O teste SNK demonstrou que os meses de abril, julho, agosto e setembro são estatisticamente semelhantes.

4.3.4 Correlação das médias das variáveis das ocorrências mensais

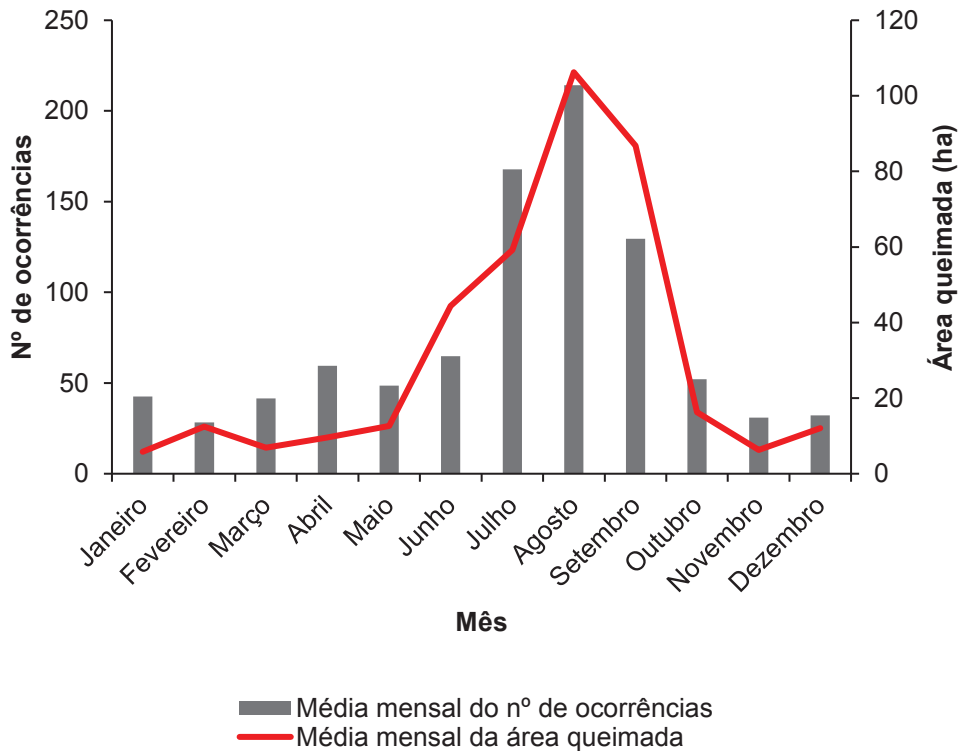
Os GRÁFICOS 11, 12 e 13 apresentam a distribuição das médias mensais do número de ocorrências, número de dias com incêndio e área queimada objetivando verificar correlação entre as variáveis.

GRÁFICO 11 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA MÉDIA DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO



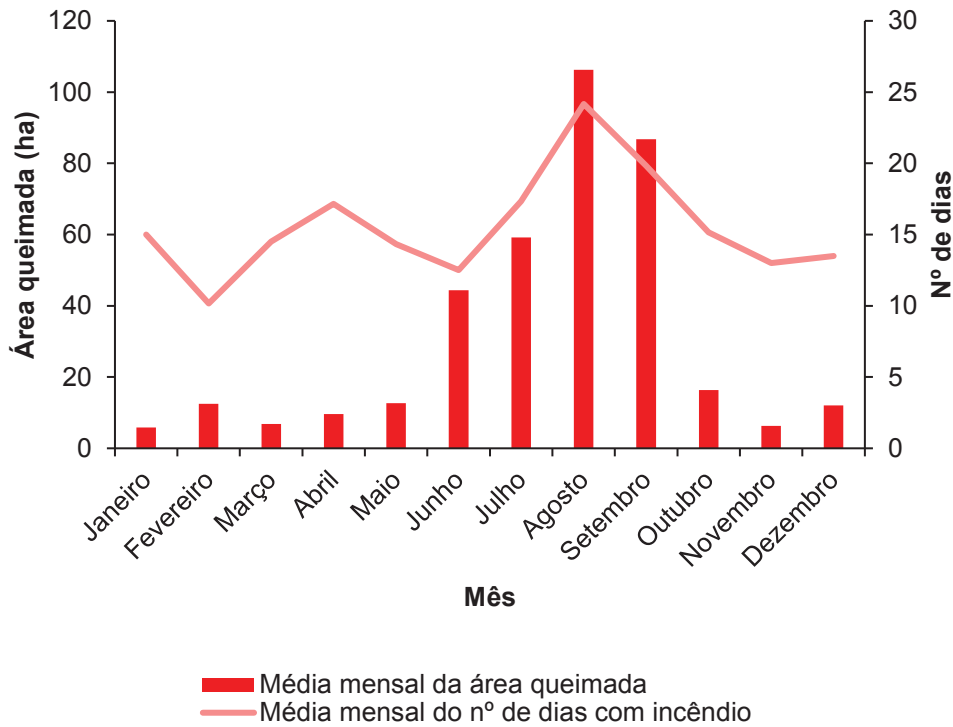
FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 12 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA MÉDIA DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 13 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA MÉDIA DA ÁREA QUEIMADA E DA MÉDIA DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Ao aplicar o teste paramétrico de Pearson, foi verificada uma forte correlação entre as variáveis ao nível de significância de 5% (TABELA 23).

TABELA 23 - CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE A MÉDIA MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS, ÁREA QUEIMADA E NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO

VARIÁVEIS-MÉDIAS MENSAIS	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	ÁREA QUEIMADA	NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO
Número de ocorrências	1	0,883*	0,866*
Área queimada	0,883*	1	0,658*

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Significativo ao nível de 5%.

4.3.5 Definição da estação normal de perigo de incêndios

Com base nos resultados obtidos observa-se que os meses de julho a setembro além de apresentarem 56,1% do número de ocorrências do período, apresentaram 66,6% da área queimada e 32,9% dos dias com incêndio. Além disso, apresentaram semelhanças estatísticas nas três variáveis analisadas. Assim, pode-

se classificar os referidos meses como a estação normal de perigo de incêndios para a área de estudo.

Diversas pesquisas realizadas no Brasil apresentam os meses de julho, agosto e setembro presentes na estação normal de perigo de incêndios, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Ao analisar as ocorrências de incêndios florestais no Brasil, Soares (2009) definiu a estação de incêndios no país dos meses de junho a novembro. O autor verificou que esta estação apresentou 80,4% das ocorrências de 1983 a 1987, 85,2% das ocorrências de 1994 a 1997 e 71,2% das ocorrências de 1998 a 2002. Por abranger outros estados brasileiros, e conseqüentemente, outras características edafoclimáticas, a estação encontrada pelo autor abrange um período mais extenso do que o presente estudo.

De acordo com Soares e Santos (2002), no período de 1994 a 1997 a maior concentração de área queimada se deu no mês de julho (42,6%) e setembro (26,3%). De acordo com Santos, Soares e Batista (2006), no período de 1998 a 2002 o pico de área queimada se deu nos meses de agosto a outubro, totalizando 82,5% da área queimada do período.

Os resultados encontrados por Soares (2002) e Santos, Soares e Batista (2006) vão de encontro à estação normal de perigo de incêndios relatada por Soares (2009), demonstrando relação entre a área queimada e o número de ocorrências, de forma análoga aos resultados obtidos no presente estudo.

Torres *et al.* (2010b), ao avaliar o perfil dos incêndios em vegetação nos municípios de Juiz de Fora e Ubá, Minas Gerais, no período de 2001 a 2007, verificaram que as ocorrências se concentraram nos meses de junho a outubro, com 85% em Ubá e 83% em Juiz de Fora. Apesar de ambos os municípios estarem localizados em região diferente da área do presente estudo, os mesmos são semelhantes à região metropolitana de Curitiba no que diz respeito às características urbanas e interfaces urbano-rurais, além de também apresentarem a estação normal de perigo de incêndios no inverno.

Para o estado do Paraná, Vosgerau (2005), ao trabalhar com os registros do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, nos anos de 1991 a 2001, definiu a estação normal de perigo de incêndios de junho a agosto, que apresentou 53,18% das ocorrências no período, com destaque para o mês de agosto que foi responsável por 24,47% das ocorrências.

Tetto, Batista e Soares (2012), ao analisar os incêndios florestais no Paraná nos anos de 2005 a 2010, também utilizando os registros do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, verificaram que a estação normal de perigo de incêndios correspondeu ao período de junho a setembro, que apresentou 52,5% das ocorrências. Quanto à área queimada, os meses de julho a setembro apresentaram maior impacto de danos à vegetação, totalizando 76,0% da área atingida no período. Os autores destacaram ainda o mês de abril, que apresentou 9,3% da área queimada total no período.

Ainda no estado do Paraná, Ferreira, Tetto e Batista (2012), no ano de 2011, verificaram que a estação normal de perigo de incêndios concentrou-se de julho a setembro com 53,29% das ocorrências e Ferreira e Tetto (2013) verificaram que no ano de 2012 a estação normal de incêndios ocorreu de agosto a setembro, onde apresentou um total de 49,14% das ocorrências.

A estação normal de perigo de incêndios definida pelos autores que analisaram o estado do Paraná se baseou nas ocorrências de outros municípios além dos que compõe a área do presente estudo. Devido ao estado do Paraná apresentar predominância dos climas tipo Cfa e Cfb, diferente da área de estudo que possui maior área classificada pelo tipo Cfb, é factível haver diferentes meses compondo o período crítico de incêndios quando comparado com a região metropolitana de Curitiba. No entanto, observou-se que o resultado obtido pelo presente estudo foi semelhante aos vários autores citados, com destaque para os resultados de Tetto, Batista e Soares (2012), que além de apresentar a mesma estação normal de perigo de incêndios, os meses que a compõe também apresentaram a maior área atingida, relacionando assim com o número de ocorrências, de forma análoga aos resultados do presente estudo.

Na região de Telêmaco Borba, Paraná, Tetto (2012) verificou que dos anos de 1965 a 2009 houve uma maior incidência de incêndio florestais nos meses de julho a setembro, totalizando 47,6% das ocorrências no período. O autor ainda verificou que os meses de julho, agosto e setembro foram os meses que apresentaram maior número de dias com ocorrência de incêndios e de janeiro a abril os que apresentaram menor número. Quanto à área queimada, o autor verificou que o mês de setembro apresentou maior mediana de área queimada no período, seguido por outubro.

Apesar das diferenças edafoclimáticas e de período entre as áreas analisadas, o presente estudo corroborou com a estação normal de perigo de

incêndios encontrada por Tetto (2012). Ainda, o número de dias com incêndio acompanhou a estação normal de perigo, juntamente com a área queimada, de forma análoga à região metropolitana de Curitiba.

Kovalsyki (2016), ao trabalhar com o município de Ponta Grossa, Paraná, verificou que de 2006 a 2014 a concentração dos incêndios florestais se deu no inverno com 49,4% do total das ocorrências e que o mês de agosto foi o que apresentou maior número de dias com incêndio no período, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Ainda, a autora relata que a maior frequência relativa de área queimada se deu de maio a setembro, com 75,2%, tendo o mês de setembro a maior área afetada.

Na região de Londrina, Paraná, nos anos de 2005 a 2015, Santos *et al.* (2019) verificaram que 47,52% das ocorrências e 90,93% da área queimada se concentraram no período de julho a setembro. Ainda, os mesmos autores ao trabalharem com a região de Pisa, Itália, verificaram que nesse mesmo período houve 67,57% das ocorrências e 83,06% da área queimada. Em ambos os locais foi observado que os meses com maior número de ocorrências e área queimada acompanharam o presente estudo. Apesar da diferença de localização, a região metropolitana de Curitiba, Londrina (norte do Paraná) e Pisa (hemisfério norte – continente europeu), apresentam semelhança no comportamento da distribuição de precipitação mensal, podendo indicar o fator responsável pela semelhança dos resultados.

Ao se distribuir os municípios classificados nos grupos 1, 2 e 3 de acordo com o método de agrupamento realizado, observou-se que praticamente todos apresentaram o pico dos valores médios de ocorrências nos meses de julho, agosto e setembro, com exceção de Balsa Nova, que registrou agosto, setembro e outubro como os três meses com maior número de ocorrências médios.

Com a definição do período mais propício aos incêndios em vegetação na região metropolitana de Curitiba, sugere-se que o planejamento de políticas preventivas e de preparação para eventuais intervenções relacionadas com o combate ao fogo, antecedam o mês de julho.

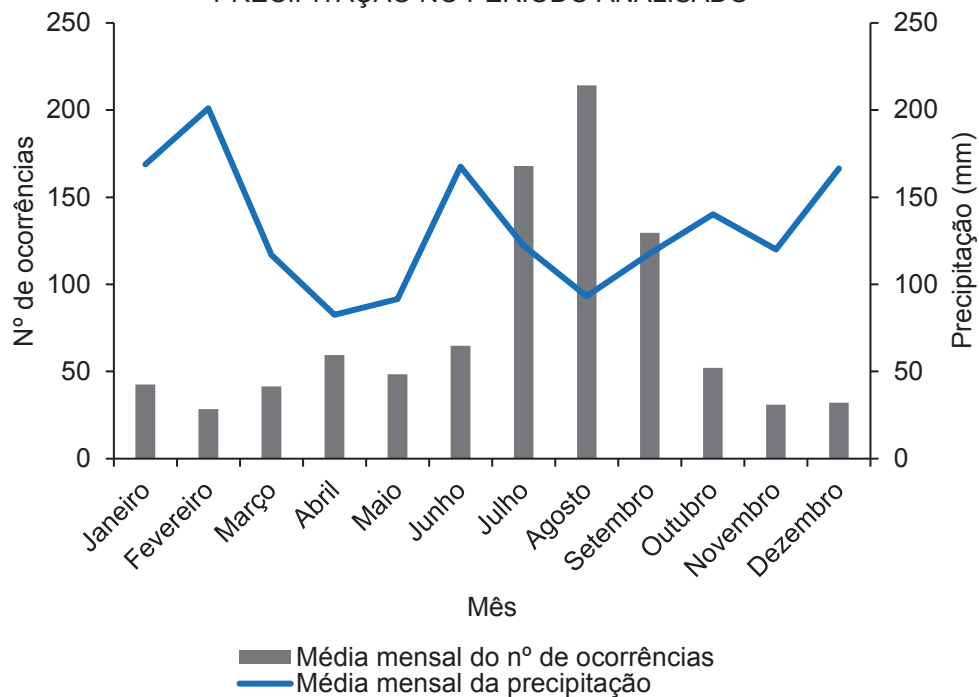
Além disso, durante o período de julho a setembro, recomenda-se haver reforço no efetivo das instituições que apresentam relação com os incêndios em vegetação, sejam estas de caráter fiscalizatório ou combatente. A adoção do referido reforço poderá evitar sobrecarregar o serviço de determinada instituição e,

conseqüentemente, os colaboradores comumente dispostos para este fim, propiciando maior efetividade nas ações direcionadas aos incêndios.

4.3.6 Relação com variáveis meteorológicas

O GRÁFICO 14 apresenta a relação da precipitação média mensal obtida na área de estudo com a média mensal de número de ocorrências.

GRÁFICO 14 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO

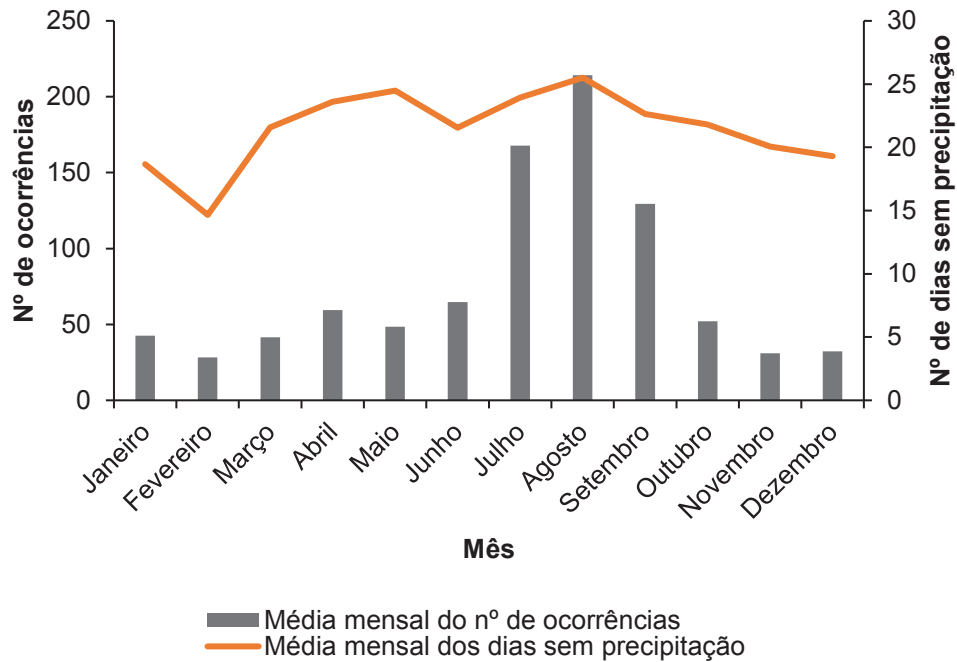


FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

O resultado da correlação de Pearson apontou relação negativa de -0,486, porém não significativa ao nível de 5% ($p > 0,05$), não indicando evidências conclusivas sobre a significância da associação entre as duas variáveis.

No GRÁFICO 15 foram comparadas as médias mensais de número de ocorrências e a médias mensais de dias sem precipitação no período.

GRÁFICO 15 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DE DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO

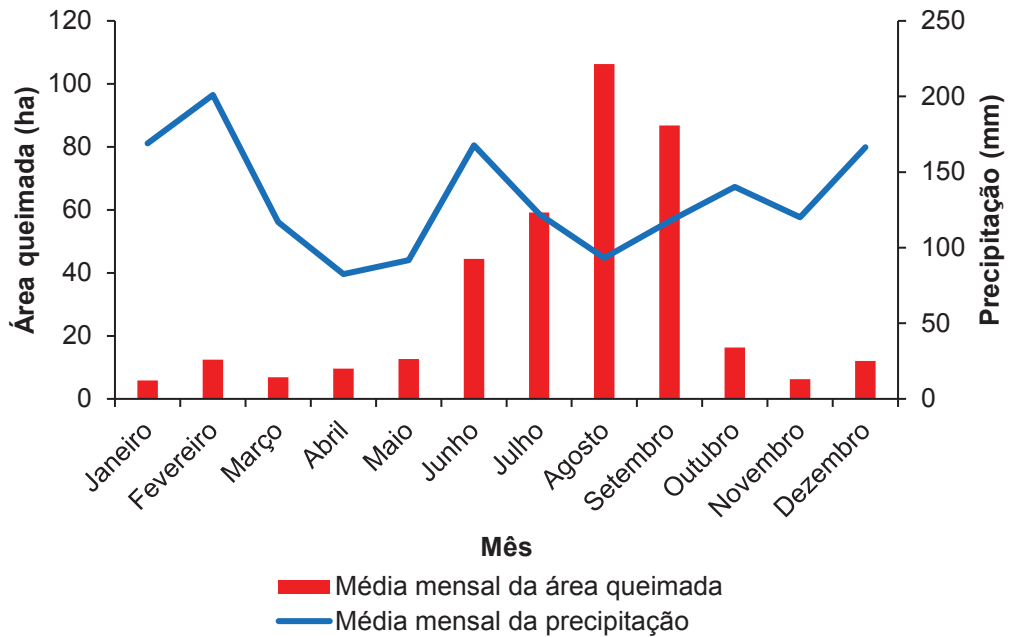


FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Ao se verificar a correlação de Pearson, foi obtido um valor de 0,731 ($p < 0,01$), indicando forte correlação entre os números de ocorrências e os números de dias sem precipitação.

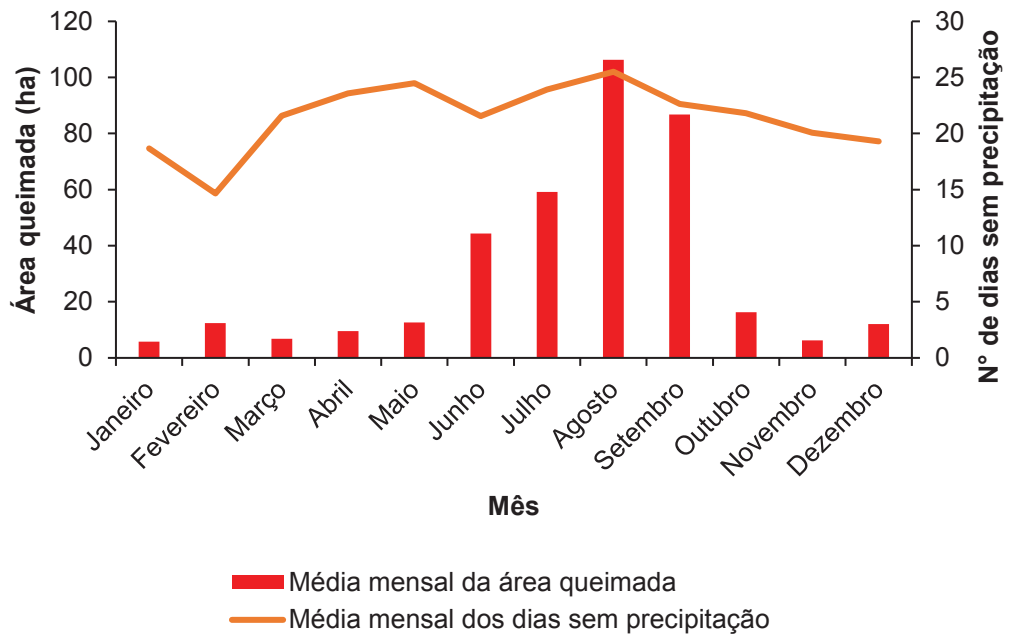
A média mensal da área queimada também foi comparada com a precipitação média mensal (GRÁFICO 16) e o número médio de dias mensais sem precipitação no período (GRÁFICO 17).

GRÁFICO 16 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DA PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 17 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DOS DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO

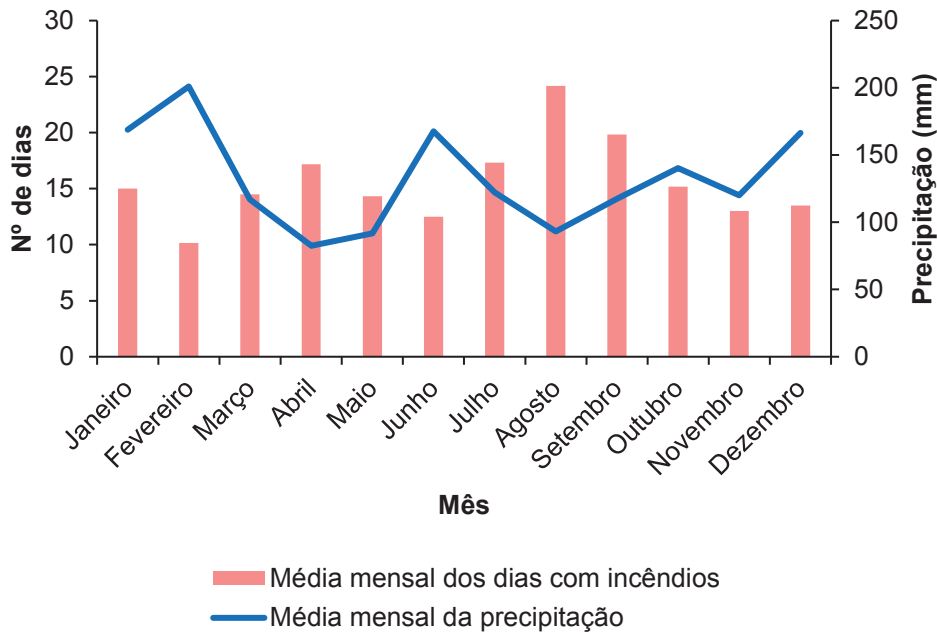


FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na comparação da média mensal da área queimada com a precipitação média mensal do período, a correlação de Pearson obtida (-0,19) não foi significativa ($p > 0,05$). Ao se comparar com a média mensal dos dias sem precipitação, a correlação obtida (0,509) também não foi significativa ($p > 0,05$).

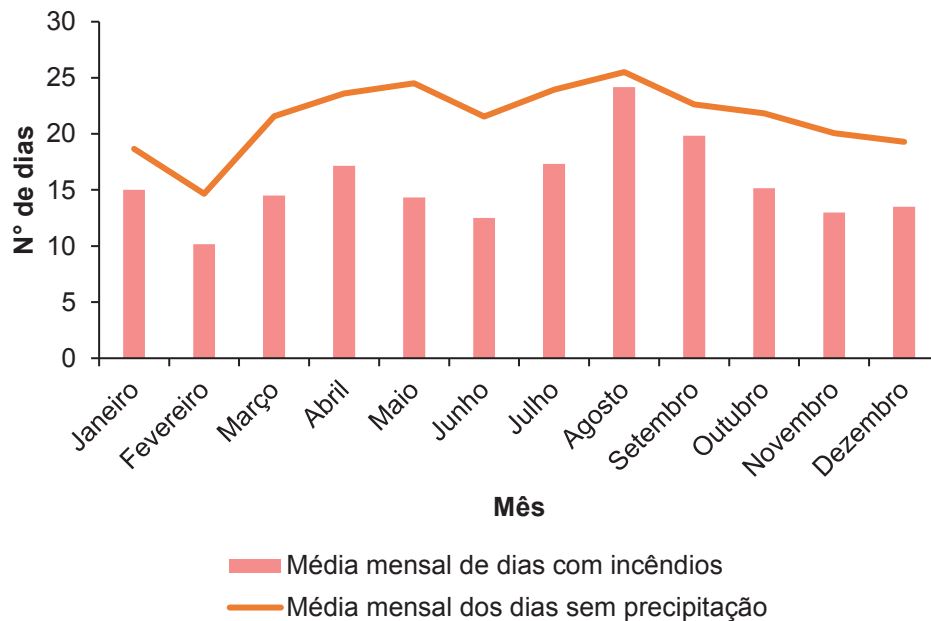
Ainda, foram realizadas comparações entre a média mensal do número de dias com incêndio com a precipitação média mensal (GRÁFICO 18) e o número médio de dias sem precipitação do período (GRÁFICO 19).

GRÁFICO 18 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 19 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DOS DIAS SEM PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na comparação da média mensal de dias com incêndio com a média mensal da precipitação e a média mensal de dias sem precipitação, foram obtidos mediante o teste de Pearson os valores de -0,65 ($p < 0,05$) e 0,73 ($p < 0,01$), respectivamente, indicando forte relação entre as variáveis.

Os resultados apontaram que de 2011 a 2016 houve dois principais períodos com déficit pluviométrico, tanto em quantidade de precipitação, quanto em distribuição, sendo o primeiro composto pelos meses de março a maio e o segundo pelos meses de julho a setembro, englobando as estações de outono e inverno.

O número de ocorrências somente apresentou correlação significativa com o número de dias sem precipitação. Ainda, a correlação entre o número de dias com incêndio e a média mensal de dias sem precipitação foi maior do que a correlação com a média mensal de precipitação, demonstrando que a distribuição da precipitação apresentou maior importância do que a quantidade pluviométrica obtida no mês para a ocorrência de incêndios em vegetação na área de estudo.

Sampaio (1991) verificou em sua área de estudo que a estação normal de perigo de incêndios começou dois meses após a escassez da chuva, terminando dois meses ao final da estação, chegando à conclusão de que a precipitação não apresenta uma relação imediata com as ocorrências de incêndios, o que também pode ser observado na região metropolitana de Curitiba.

Tetto, Batista e Soares (2012) verificaram para o estado do Paraná, no período de 2005 a 2010, uma correlação forte e negativa entre o número de ocorrências e a precipitação (0,77) e uma correlação fraca entre a área afetada e a precipitação (-0,14).

Santos *et al.* (2019) verificaram que há uma forte correlação entre o número de ocorrências e a precipitação na região de Londrina, Paraná (-0,73) e Pisa, Itália (-0,68), superiores à correlação encontrada para os mesmos municípios entre a área queimada e a precipitação, com os valores moderados de -0,48 e -0,55, respectivamente.

No município de Juiz de Fora, MG, Torres *et al.* (2008) obtiveram uma forte correlação de Pearson de -0,718 entre as médias do número de ocorrências e da precipitação mensal.

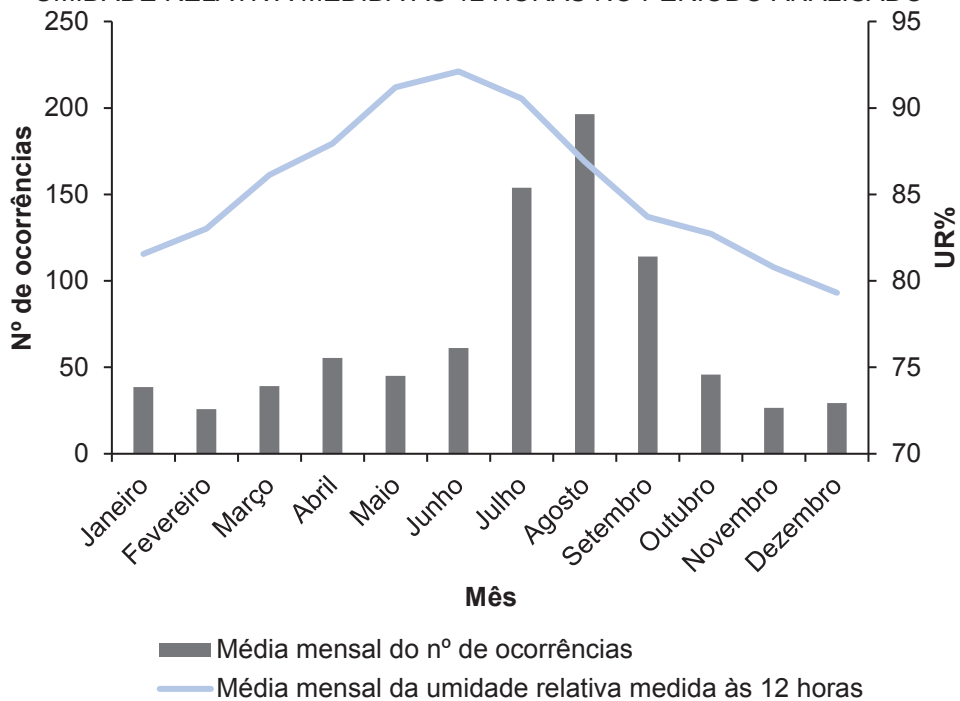
O presente estudo corroborou com Tetto, Batista e Soares (2012) e Santos *et al.* (2019) ao verificar maior relação na ocorrência dos incêndios com a precipitação do que a área queimada. De acordo com Tetto, Batista e Soares (2012) uma possível

justificativa é que a ocorrência dos incêndios está relacionada à fonte de ignição, que possui como principais agentes causais as atividades antrópicas e os raios. A área afetada apresenta dependência dos fatores de propagação do fogo e dos aspectos referentes à eficiência no combate aos incêndios.

O coeficiente de variação médio das médias mensais de precipitação do período, com base nos municípios onde estão localizadas as estações pluviométricas, foi de 12,25%, com isso não foi verificada relação da precipitação com cada município.

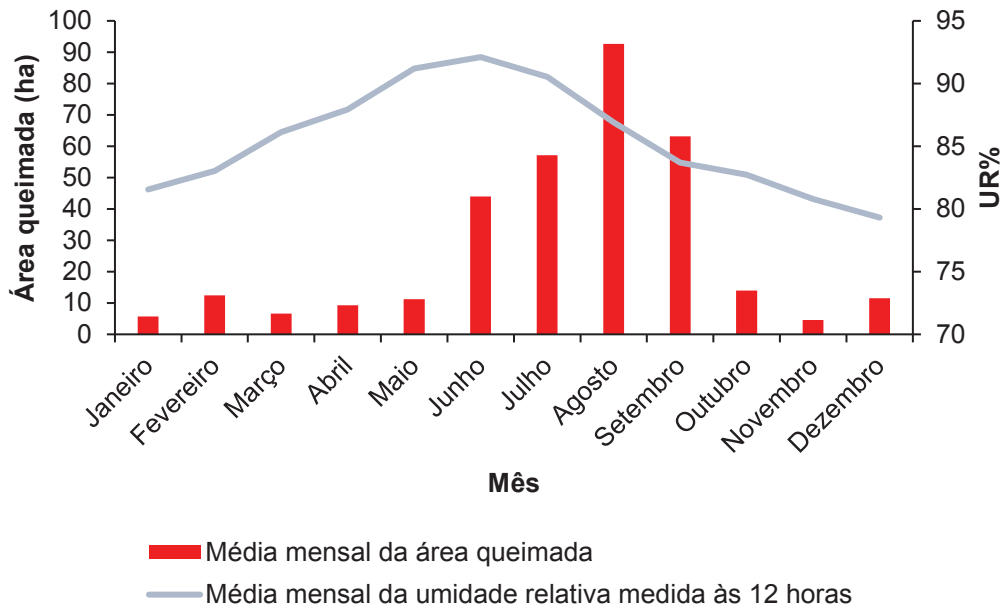
A média mensal da umidade relativa medida às 12 horas foi comparada com as médias mensais de número de ocorrências (GRÁFICO 20), área queimada média mensal (GRÁFICO 21) e número médio mensal de dias com incêndio (GRÁFICO 22).

GRÁFICO 20 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO



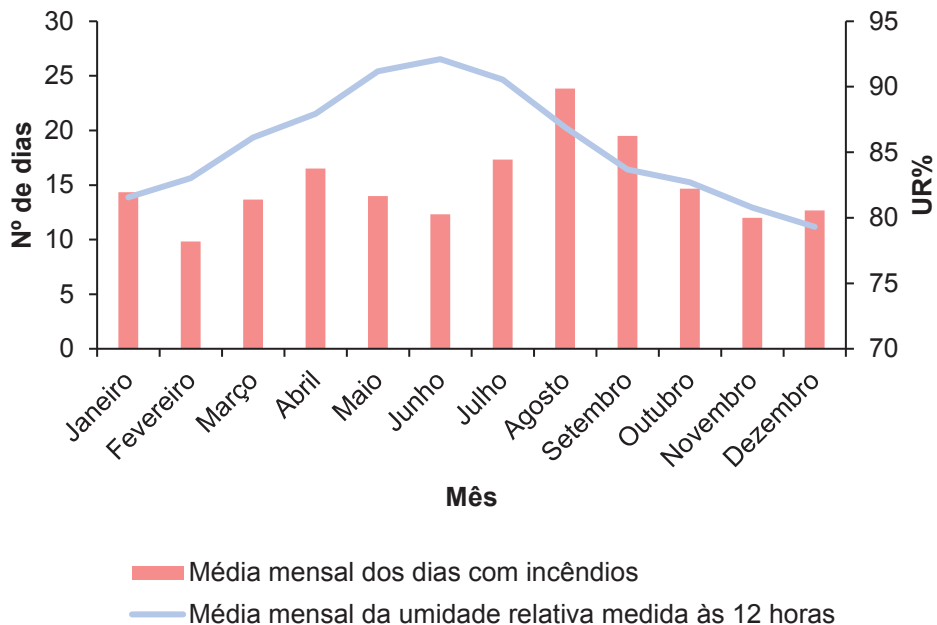
FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 21 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DA ÁREA QUEIMADA E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 22 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DOS DIAS COM INCÊNDIO E DA UMIDADE RELATIVA MEDIDA ÀS 12 HORAS NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na comparação entre a média mensal da umidade relativa obtida ao meio-dia e o número médio mensal de ocorrências, a correlação de Pearson apresentou um valor não significativo de 0,505 ($p > 0,05$).

Ao se comparar a umidade relativa média mensal com a média da área queimada mensal e o número médio de dias com incêndio, também não foram obtidas correlações significativas, apresentando os valores de 0,457 ($p > 0,05$) e 0,227 ($p > 0,05$), respectivamente.

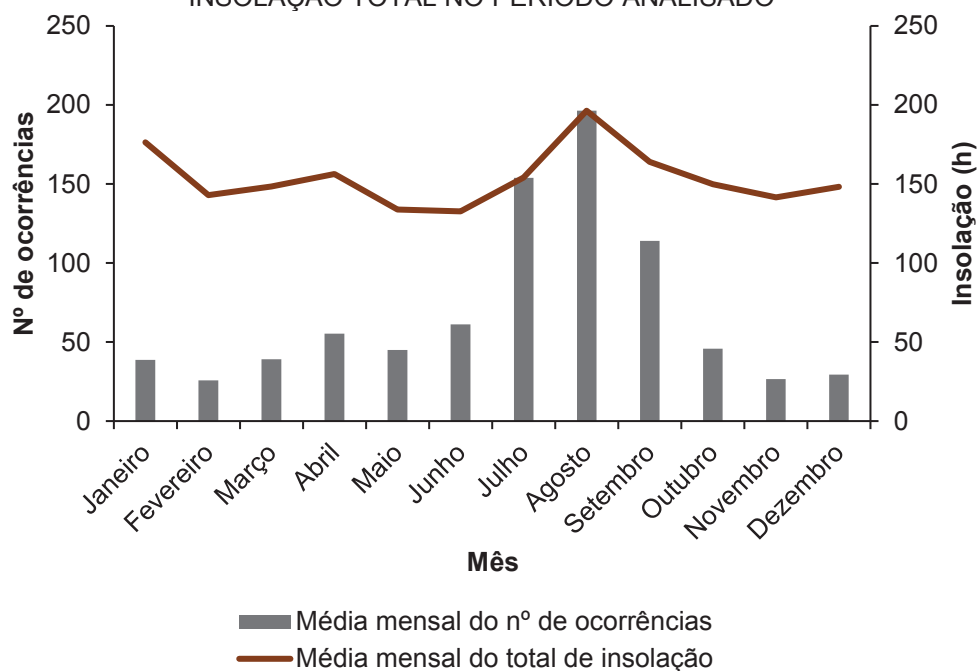
Observou-se que a média mensal da umidade relativa medida às 12 horas apresentou decréscimo de junho a dezembro, correspondendo à maior parte do inverno e primavera, mas não apresentou relação significativa com as demais variáveis analisadas.

Ao tentar relacionar com outros trabalhos, observou-se que os autores comumente utilizaram a média mensal da umidade relativa do ar para realização de relações, divergindo do presente estudo.

Entende-se que a umidade relativa obtida às 12 horas representa melhor o comportamento da umidade relativa frente aos incêndios, uma vez que a umidade relativa média diária geralmente apresenta influências de máximas no período noturno e durante a madrugada.

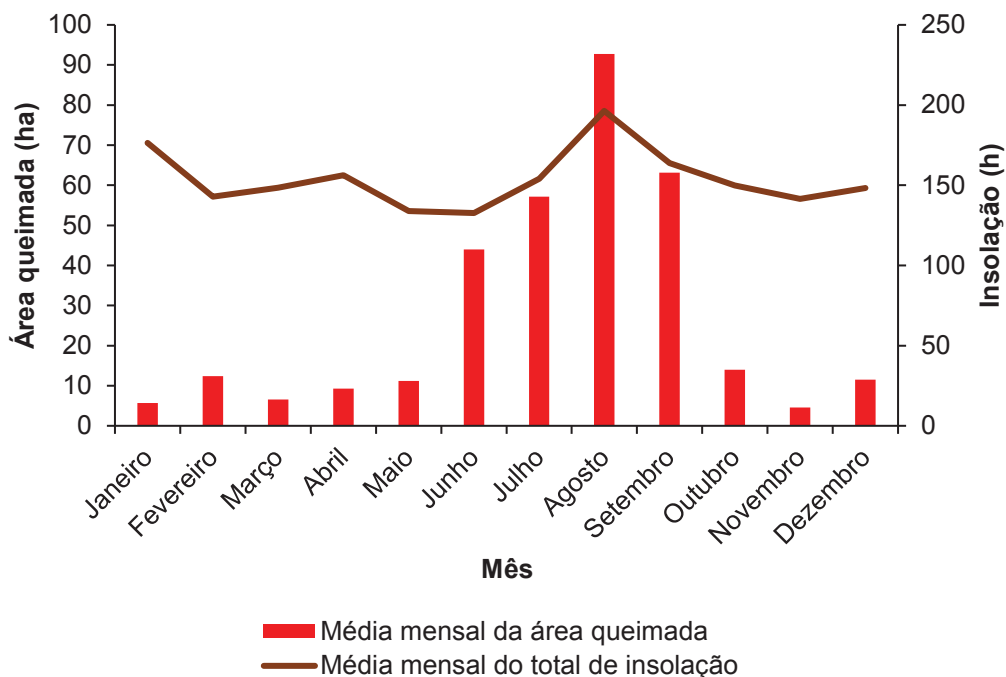
As médias mensais de insolação total foram comparadas com a média mensal do número de ocorrências (GRÁFICO 23), média mensal de área queimada (GRÁFICO 24) e média mensal do número de dias com incêndio (GRÁFICO 25).

GRÁFICO 23 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO



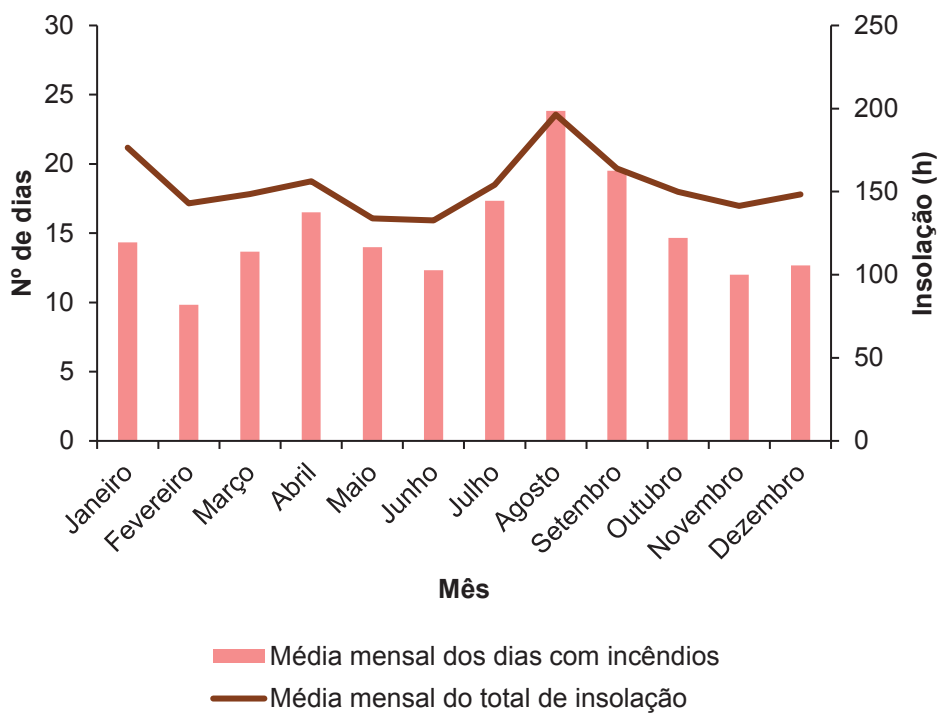
FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 24 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA ÁREA QUEIMADA E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

GRÁFICO 25 - DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO E DA INSOLAÇÃO TOTAL NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na comparação entre a média mensal da insolação total e a média mensal de número de ocorrências, a correlação de Pearson apresentou um valor de 0,585, significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$), indicando uma correlação regular.

Ao se comparar a média mensal da insolação total com a média mensal da área queimada foi obtida uma correlação de Pearson não significativa, apresentando o valor de 0,367 ($p > 0,05$).

O valor da correlação de Pearson obtido entre a média mensal do número de dias com incêndio e a média mensal da insolação total foi de 0,797 ($p < 0,01$), indicando forte correlação entre as variáveis.

A média da insolação total apresentou valores crescentes de junho a agosto, com o maior valor observado no mês de agosto, propiciando mais horas de brilho solar, conseqüentemente maior exposição à radiação solar, auxiliando na evaporação da umidade contida nos materiais combustíveis (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

O mês de agosto também foi responsável pela maior média de ocorrências do período na subárea de estudo (196,3 incêndios), maior média de área queimada (92,7 ha) e maior média de número de dias com incêndio (23,8 dias).

Assim, as correlações observadas entre o número médio mensal de ocorrências e o número médio de dias com incêndio com a média mensal da insolação total permitiu inferir que quanto maior foi a exposição solar, há uma tendência de haver maior presença de incêndios.

Torres *et al.* (2010a), ao analisarem a relação entre a insolação média total mensal e as ocorrências de incêndios no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, verificaram que houve uma correlação muito forte de 0,98. Devido à área de estudo dos autores estar localizada no Centro-Oeste do Brasil, a insolação tende a apresentar os maiores valores em junho, julho e agosto (SOARES; BATISTA; TETTO, 2015), apresentando valor superior ao obtido na região metropolitana de Curitiba.

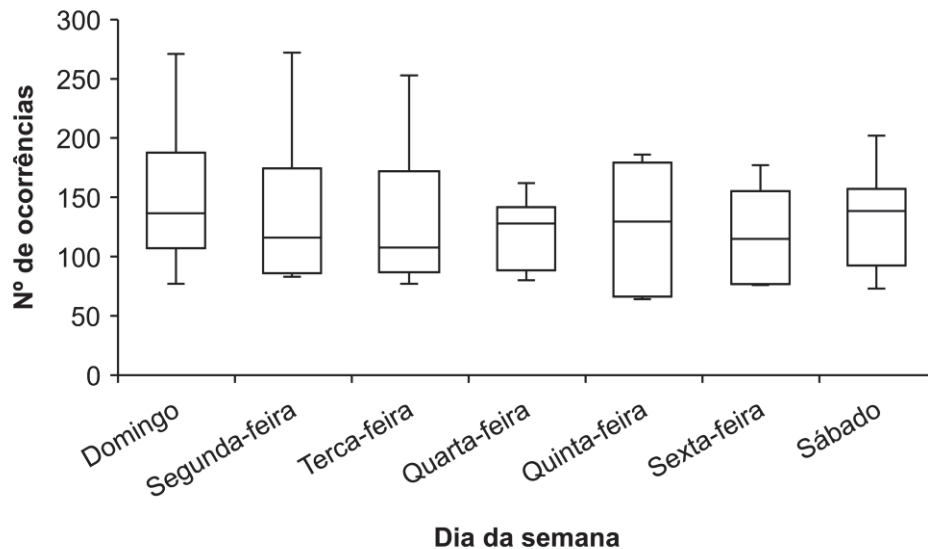
Zucchi e Bravo (2013) analisaram a relação entre a insolação e o número de ocorrências para o município de Maringá, Paraná, nos anos de 2009 e 2010. Obtiveram os coeficientes de correlação 0,808 (ano de 2009) e 0,439 (ano de 2010).

Observa-se nos resultados obtidos pelos referidos autores que houve uma considerável variação entre os valores de correlação de ambos os anos analisados, demonstrando que é importante um intervalo de análise maior para considerações mais fidedignas. Apesar da variação observada pelos autores, as correlações positivas vão de encontro ao resultado obtido no presente estudo.

4.4 DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS SEMANAIS

Foi verificada a distribuição dos números de ocorrências em cada dia da semana no período analisado, gerando o GRÁFICO 26.

GRÁFICO 26 - DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO TOTAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO



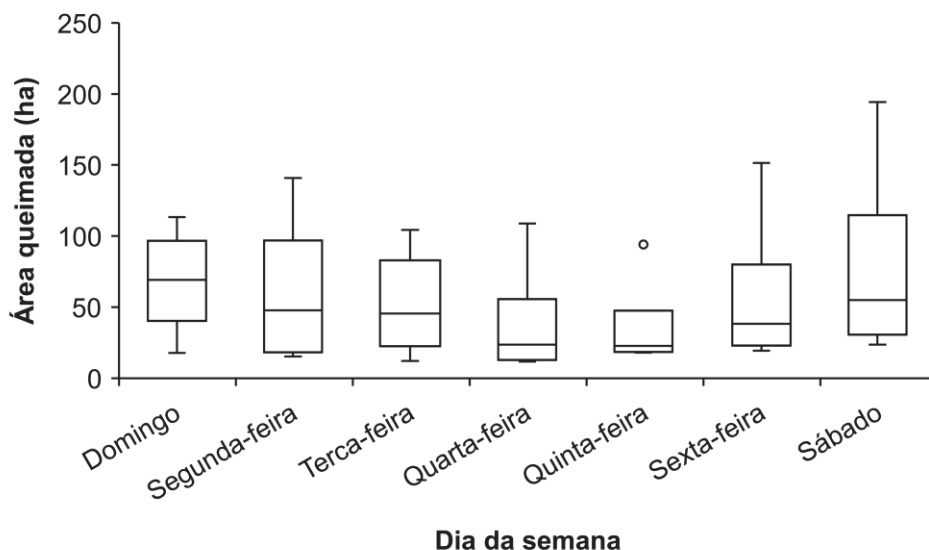
FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

O domingo foi o dia da semana que apresentou maior média de número de ocorrências anuais (149,67) e a menor média ocorreu para sexta-feira, com 118 ocorrências. Quanto à mediana, sábado apresentou o maior valor, com 138,5 ocorrências, enquanto terça-feira apresentou o menor valor com 107,5 ocorrências.

Ao obter a frequência relativa do final de semana, visto que sábado e domingo apresentaram respectivamente a maior mediana e a maior média, foi obtido o valor de 30,9% das ocorrências, porém ao realizar a ANOVA não foi verificada diferença estatística significativa entre os dias da semana ($p > 0,05$).

No GRÁFICO 27 está apresentada a distribuição das áreas queimadas de acordo com os dias da semana no período analisado.

GRÁFICO 27 - DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO TOTAL DA ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

O final de semana apresentou as maiores médias anuais, sendo sábado com 74,78 ha e domingo com 67,99 ha. As maiores medianas foram verificadas nos finais de semana, com domingo apresentando 69,02 ha e sábado 54,9 ha.

Os menores valores de média e mediana foram obtidos na quinta-feira que apresentou respectivamente 34,61 e 22,59 ha. Pode se observar que na quinta-feira ocorreu um *outlier*, que se deve a um incêndio que atingiu 60 ha de cultivo florestal e vegetação nativa no município da Lapa no ano de 2013.

Apesar do final de semana obter uma frequência relativa de 37,7% da área queimada semanal, ao realizar a ANOVA a hipótese de diferença estatística das médias foi rejeitada ($p > 0,05$).

A análise estatística do número de ocorrências pelos dias da semana corroborou com os resultados de Tetto (2012), Santos, Soares e Batista (2006), Sampaio (1999), Rodriguez *et al.* (2013), Vosgerau (2005) e Vasconcelos (2013), que em suas áreas de estudo também não verificaram diferença estatística significativa entre os dias da semana.

Analisando os estudos comparados, observou-se que os autores que utilizaram a base de dados provenientes de empresas florestais, poderiam apresentar indícios de maior frequência de incêndios em determinados dias da semana, pois por exemplo, as empresas florestais tendem a diminuir a intensidade de suas operações nos finais de semana, minimizando assim os riscos do início do fogo mediante

acidentes operacionais. No entanto, a menor circulação de funcionários nos cultivos florestais propicia menor vigilância, aumentando a possibilidade da ocorrência de incêndios criminosos e/ou propagação de pequenos focos de incêndios, seja qual for a causa.

Ao analisar a área de estudo, apesar de não haver diferenças estatísticas, foi observado nos finais de semana uma tendência de apresentarem maior frequência e severidade dos incêndios, fato que pode estar relacionado ao agente causal antrópico, uma vez que tende a haver mais pessoas em suas residências nos finais de semana, promovendo queimadas que podem se tornar incêndios.

Leite *et al.* (2010), ao analisar os incêndios florestais de Braga, Portugal, no período de 2001 a 2008, também verificaram que, apesar de haver uma ligeira predominância de incêndios nos finais de semana em alguns anos do período analisado, não foi possível estabelecer um padrão de distribuição.

Como já citado anteriormente, Vosgerau (2005) não obteve diferenças estatísticas ao distribuir o número de ocorrências pelos dias da semana, porém também verificou que o domingo apresentou predomínio de ocorrências perante os demais dias.

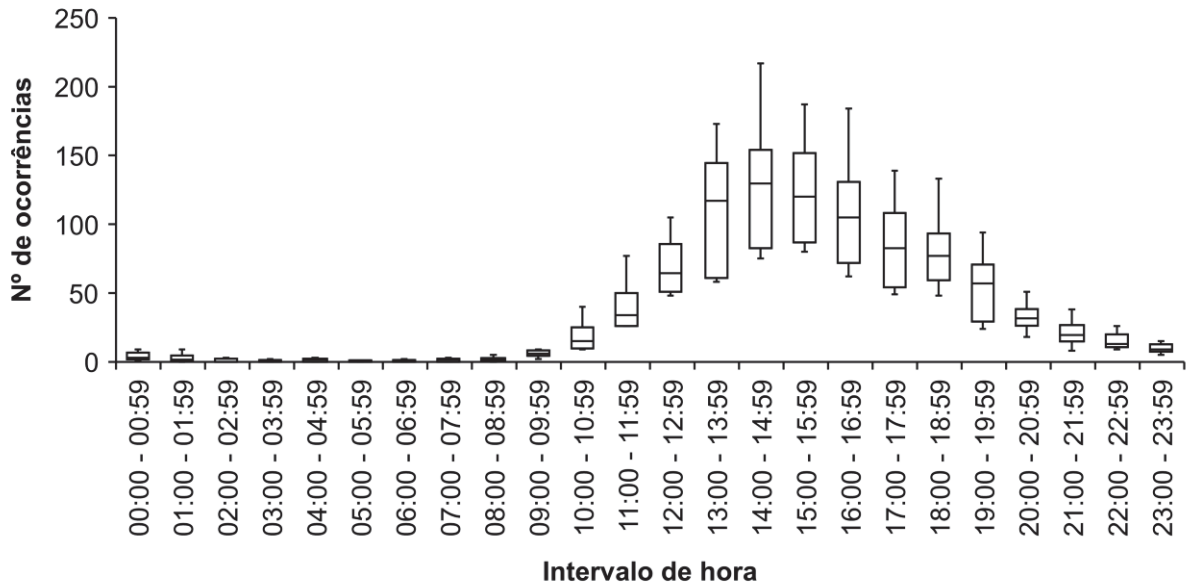
Objetivando uma avaliação mais específica a nível municipal, foram verificados individualmente os municípios presentes nos grupos 1, 2 e 3 para verificar se há diferença significativa entre os dias da semana com relação ao número de ocorrências. Os resultados apontaram que em nenhum dos referidos municípios houve diferença significativa entre os dias da semana.

Com base no resultado obtido, verifica-se que para a região metropolitana de Curitiba não há distinção entre os dias da semana, ou seja, o emprego do efetivo nas ações de prevenção, fiscalização e combate aos incêndios não deve diferir nos dias da semana, principalmente nos meses que compõe a estação normal de perigo de incêndios.

4.5 DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS POR INTERVALO HORÁRIO

A distribuição horária do número de ocorrências de incêndios ao longo do dia está apresentada no GRÁFICO 28.

GRÁFICO 28 - DISTRIBUIÇÃO POR INTERVALOS HORÁRIOS DO TOTAL DE NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO PERÍODO ANALISADO

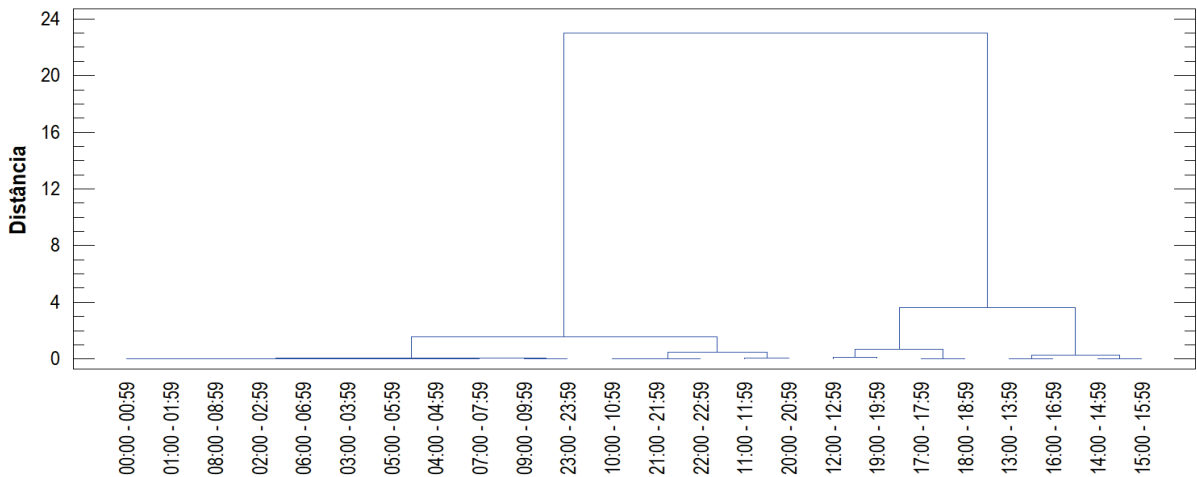


FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Os resultados apontam que das 14 até às 14:59h ocorreu a maior média, com 128,2 ocorrências no período. As maiores médias e medianas concentraram-se nos horários mais quentes do dia (14 às 15:59h).

Como não foi verificada normalidade nos dados, para tentar agrupar os resultados semelhantes, foi realizada uma análise de conglomerados das médias de cada intervalo no período, seguindo o método de Ward e a distância euclidiana ao quadrado, resultando no GRÁFICO 29.

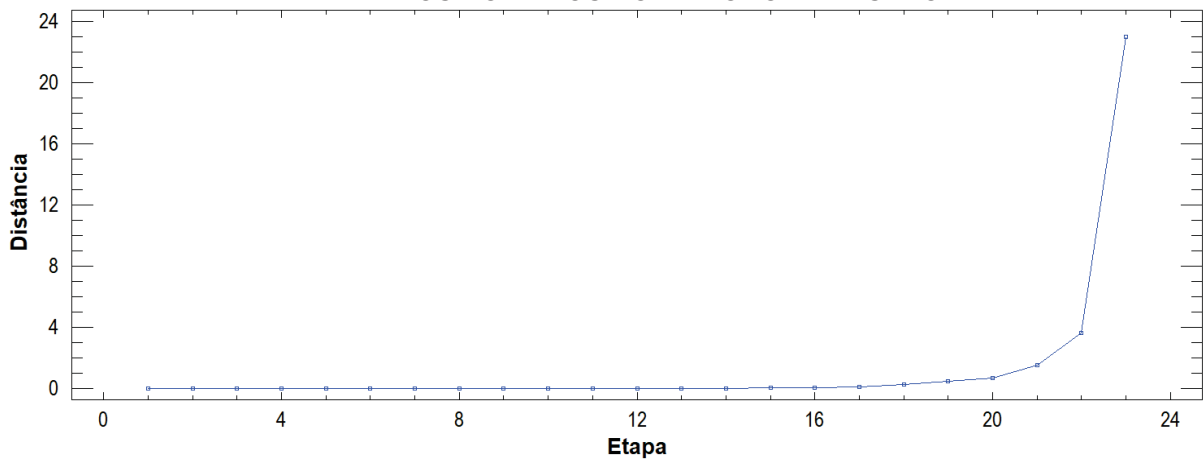
GRÁFICO 29 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Utilizando um coeficiente de fusão de 1,56, ponto em que houve uma maior discrepância da distância (GRÁFICO 30), foi possível distinguir três grupos compostos por quatro intervalos, sendo o primeiro das 20 às 11:59h, o segundo das 12 às 12:59h e das 17 às 19:59h e o terceiro das 13 às 16:59h, representando os horários mais quentes do dia.

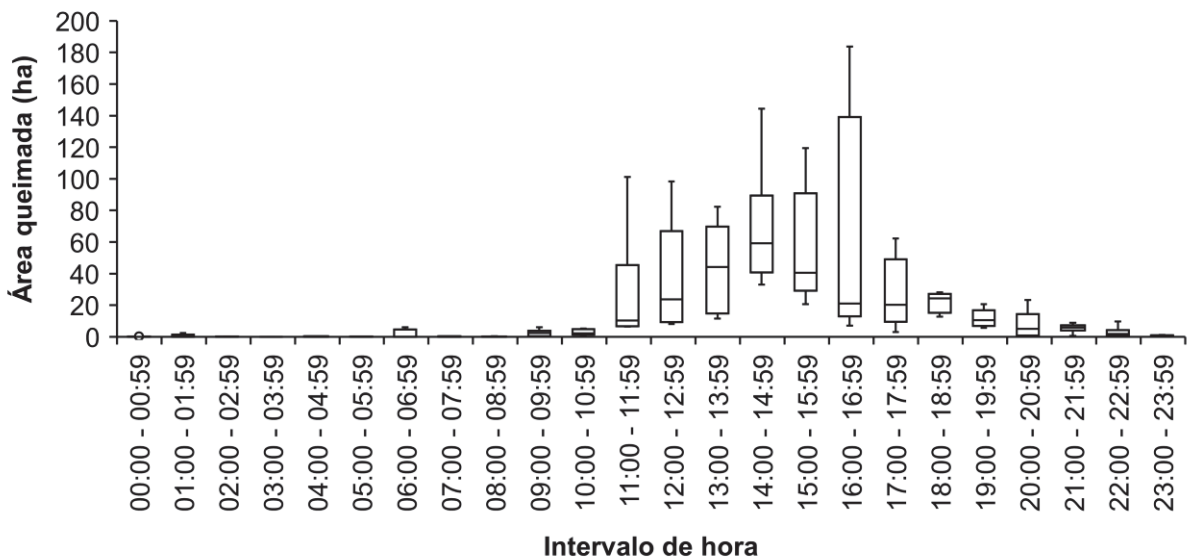
GRÁFICO 30 - DISTÂNCIA EUCLIDIANA AO QUADRADO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

A área queimada também foi distribuída de acordo com o intervalo horário, resultando no GRÁFICO 31.

GRÁFICO 31 - DISTRIBUIÇÃO POR INTERVALOS HORÁRIOS DO TOTAL DE ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO ANALISADO

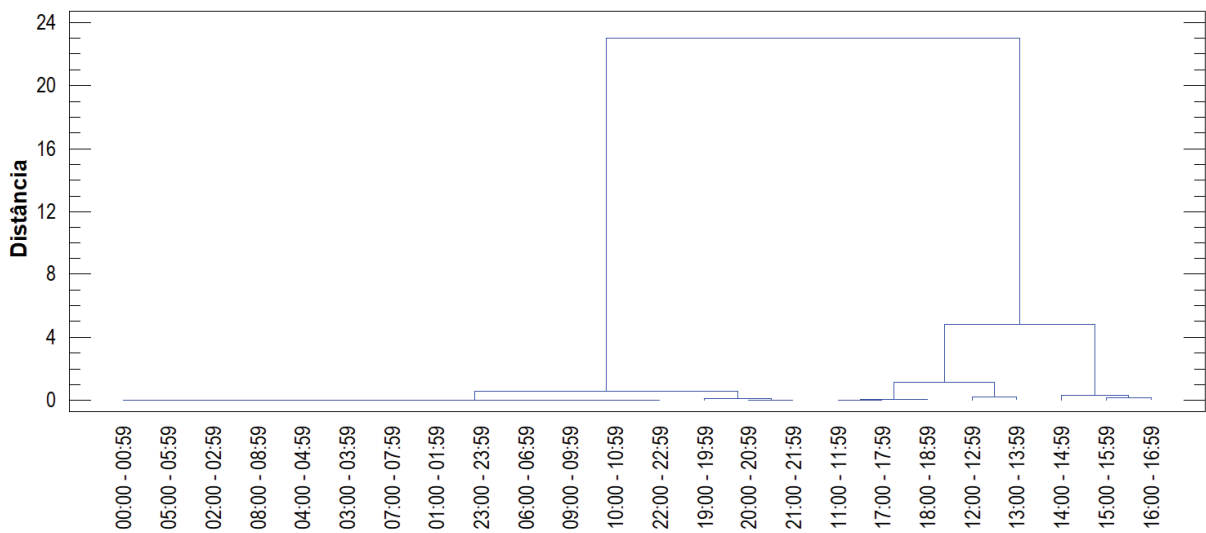


FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

As maiores médias anuais de área queimada estiveram presentes nos intervalos entre 14 e 14:59h e entre as 16 e 16:59h, apresentando respectivamente 68,41 e 61,99 ha. A maior mediana também correspondeu no intervalo das 14 às 14:59h. O intervalo entre 11 e 18:59h apresentou 90,52% do total de área queimada do período.

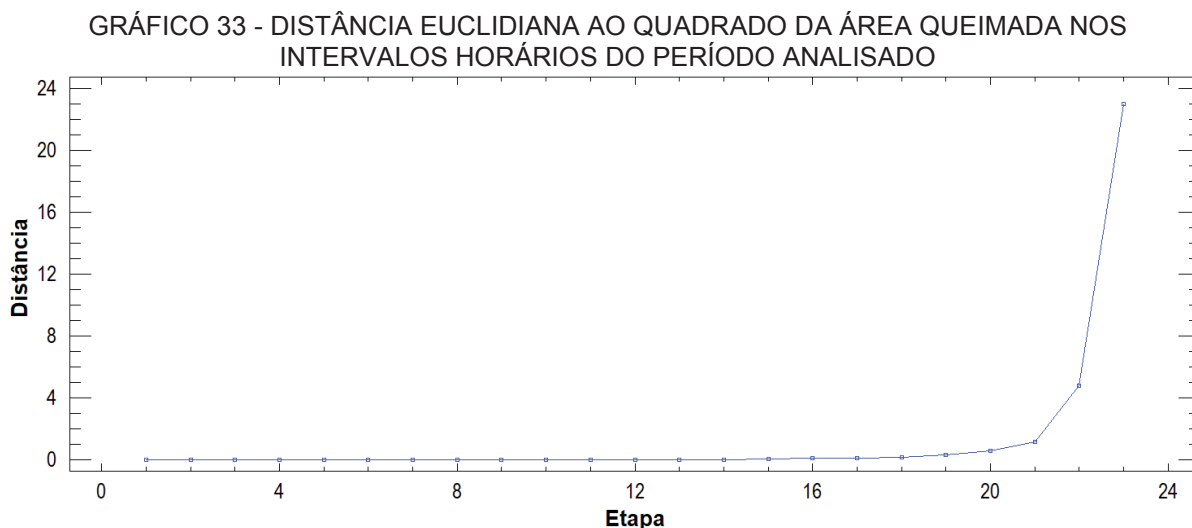
Assim, de forma análoga aos números de ocorrências, foi realizado uma análise de conglomerados das médias de área queimada de cada intervalo no período seguindo o método de Ward e a distância euclidiana ao quadrado (GRÁFICO 32).

GRÁFICO 32 - ANÁLISE DE CONGLOMERADO DA ÁREA QUEIMADA NOS INTERVALOS HORÁRIOS DO PERÍODO ANALISADO



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Ao verificar o ponto que houve uma maior discrepância da distância foi obtido o valor de 1,15 (GRÁFICO 33), dividindo também em três grupos compostos por quatro intervalos horários em relação à área queimada, o primeiro intervalo entre 19 e 10:59h, o segundo entre 11 e 13:59h e das 17 às 18:59h e o terceiro das 14 às 16h59, muito semelhante aos valores obtidos mediante a análise de conglomerado do número de ocorrências.



FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Apesar de não serem realizadas análises estatísticas paramétricas das médias de número de ocorrências e área queimada por intervalo horário no período analisado, observou-se mediante os gráficos apresentados e a análise de conglomerados que o período compreendido entre 13 e 16:59h foi o mais representativo, com 51,4% das ocorrências, e 60,8% da área queimada, seguido do período das 11 às 12:59h e das 17 às 19:59h.

Os resultados corroboraram com diferentes autores, visto que o intervalo horário representa o período mais quente do dia, propiciando assim as condições ambientais para a ignição de materiais combustíveis.

Na avaliação dos municípios de Juiz de Fora e Ubá, Minas Gerais, Torres *et al.* (2010b) constataram que o intervalo de registros se deu entre 12 e 20 horas em 76% das ocorrências de Juiz de Fora e 77% das ocorrências de Ubá, atingindo os valores máximos das 14 às 16 horas. Torres *et al.* (2010a) verificaram que em Juiz de Fora, no período de 1994 a 2005, a maior frequência de incêndios ocorreu entre as 12 e 16h, com pico entre 15 e 15h59.

Vosgerau (2005), no período de 1991 a 2001 no estado do Paraná, verificou a maior incidência das 13 às 16 horas, com 43,7% das ocorrências. Tetto (2012), ao trabalhar no município de Telêmaco Borba, Paraná, no período de 1965 a 2009, observou 61,3% das ocorrências foram observadas no período entre 12 e 17 horas.

Santos, Soares e Batista (2006), ao analisarem as ocorrências de incêndios a nível de Brasil no período de 1983 a 2002, constataram que cerca de 45% das ocorrências ocorreram no período das 13 às 16 horas.

A semelhança dos resultados obtidos pelo presente estudo com os obtidos por diferentes autores evidencia a problemática dos incêndios em vegetação no período da tarde, demonstrando a importância na concentração de materiais e de efetivo destinados à prevenção e combate deste evento, principalmente no intervalo das 13 às 16:59h, período em que os incêndios apresentaram maior relevância na região metropolitana de Curitiba.

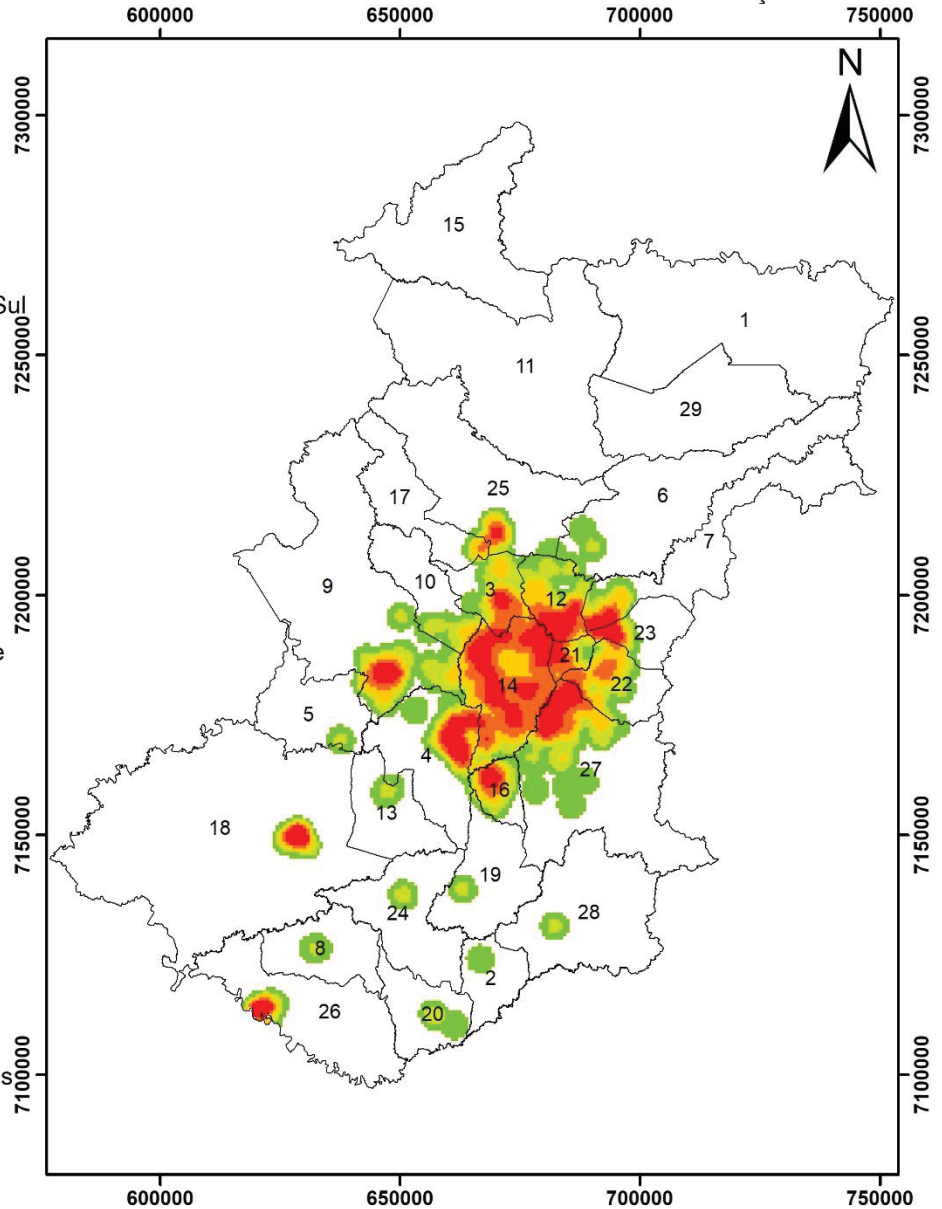
4.6 ESPACIALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS

As ocorrências foram especializadas de acordo com as coordenadas geográficas obtidas mediante o processo de geolocalização dos endereços. A distribuição da densidade de pontos foi obtida através do estimador de densidade de Kernel, gerando a FIGURA 22.

FIGURA 22 - DENSIDADE DE KERNEL PARA AS OCORRÊNCIAS COM LOCALIZAÇÃO VÁLIDA

Municípios

- 1 - Adrianópolis
- 2 - Agudos do Sul
- 3 - Almirante Tamandaré
- 4 - Araucária
- 5 - Balsa Nova
- 6 - Bocaiúva do Sul
- 7 - Campina Grande do Sul
- 8 - Campo do Tenente
- 9 - Campo Largo
- 10 - Campo Magro
- 11 - Cerro Azul
- 12 - Colombo
- 13 - Contenda
- 14 - Curitiba
- 15 - Doutor Ulysses
- 16 - Fazenda Rio Grande
- 17 - Itaperuçu
- 18 - Lapa
- 19 - Mandirituba
- 20 - Piên
- 21 - Pinhais
- 22 - Piraquara
- 23 - Quatro Barras
- 24 - Quitandinha
- 25 - Rio Branco do Sul
- 26 - Rio Negro
- 27 - São José dos Pinhais
- 28 - Tijucas do Sul
- 29 - Tunas do Paraná



Legenda

Densidade de pontos (Kernel)

- | | |
|--|---|
| Nula | Alta |
| Muito baixa | Muito Alta |
| Baixa | Divisa municipal |
| Média | |

Escala: 1:1.200.000
 Sistema de Projeção UTM - Fuso 22S
 Datum SIRGAS2000
 0 5 10 20 30 40
 km

FONTE: SYSBM-CCB (2019); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

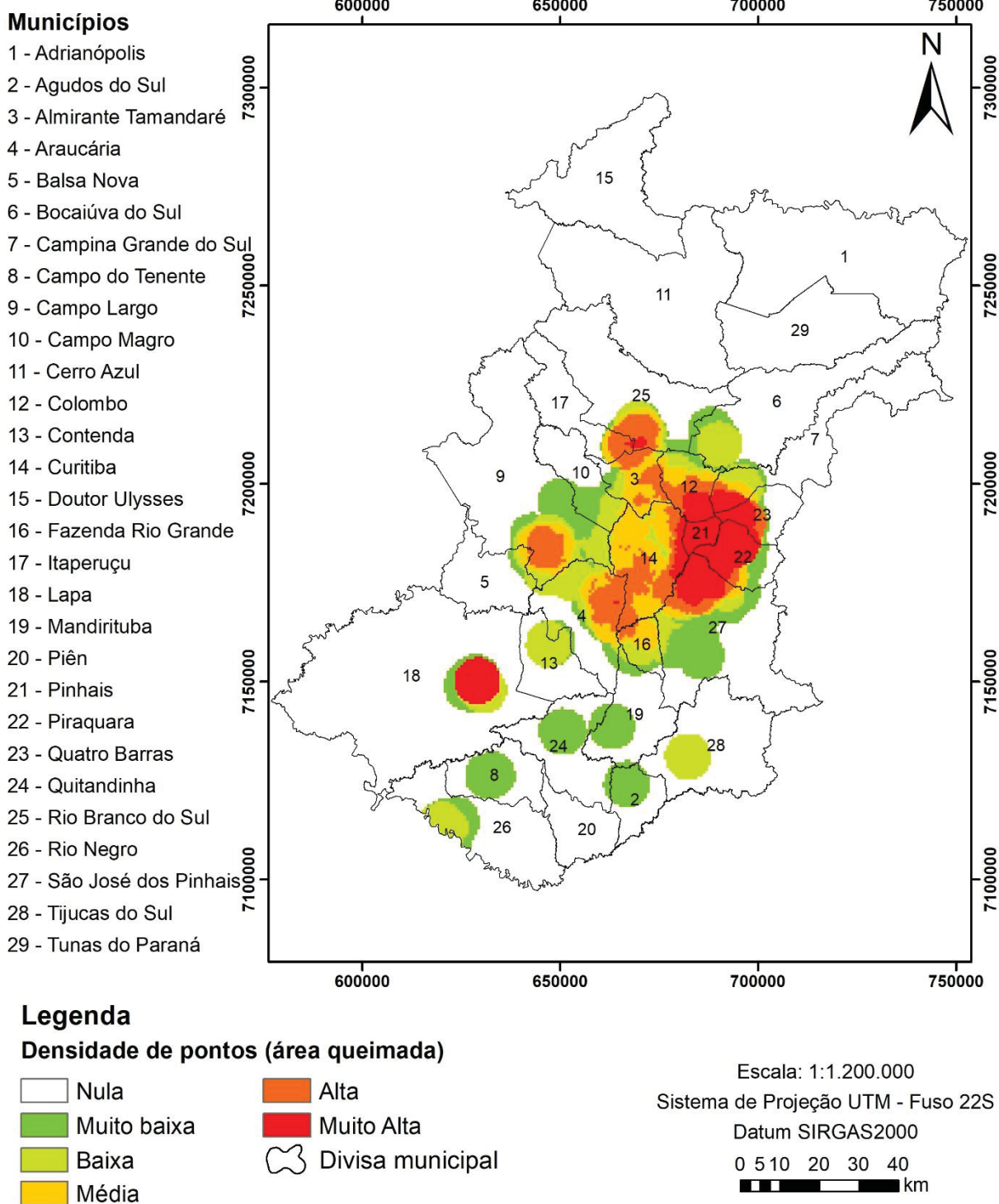
Observa-se uma maior concentração de pontos na região central da área de estudo, composta pelo município de Curitiba e áreas urbanas dos municípios de Araucária, São José dos Pinhais, Pinhais e Colombo.

O município de Curitiba apresentou uma densidade de pontos média na área central e densidades altas e muito altas nos limites municipais localizados a leste e ao norte. Esse comportamento da densidade de pontos observado em Curitiba foi diferente dos demais municípios, que apresentaram maior densidade de pontos em suas áreas centrais, decrescendo sentido zonas rurais. Essa divergência pode estar relacionada à alta concentração de edificações na região central de Curitiba, não apresentando áreas vegetadas.

De forma geral, a tendência é de que os incêndios sejam mais abundantes em áreas localizadas nas extremidades municipais, pois tendem a possuir mais áreas vegetadas, que servem de material combustível aos incêndios. Em contrapartida, essas regiões tendem a não apresentar malhas viárias bem definidas, muitas vezes não descritas nos RGOs, conforme observado em suas análises, impossibilitando assim a geolocalização das ocorrências.

A FIGURA 23 apresenta a distribuição da densidade de pontos mediante a variável área queimada.

FIGURA 23 - DENSIDADE DE PONTOS EM FUNÇÃO DA ÁREA QUEIMADA PARA AS OCORRÊNCIAS COM LOCALIZAÇÃO VÁLIDA



FONTE: SYSBM-CCB (2019); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).

As maiores densidades de pontos relativas às áreas queimadas foram observadas na região que engloba os municípios de São José dos Pinhais, Piraquara, Pinhais, Quatro Barras, Campina Grande do Sul e Colombo, demonstrando a necessidade de atenção para as políticas preventivas nessa região.

A cobertura do solo obtida pelo MAPBIOMAS (2020) foi relacionada às coordenadas das ocorrências de incêndio, gerando a TABELA 24.

TABELA 24 - DISTRIBUIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO

CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO	CONTAGEM DOS PONTOS DAS OCORRÊNCIAS	%
Agricultura	5	0,1
Floresta natural	77	1,8
Floresta plantada	11	0,3
Infraestrutura urbana	3.856	88,6
Mineração	13	0,3
Mosaico de agricultura e pastagem	358	8,2
Outra área não vegetada	27	0,6
Pastagem	7	0,2
TOTAL	4.354	100

FONTE: SYSBM-CCB (2019); MAPBIOMAS (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na maioria das ocorrências, a localização foi enquadrada na classificação de ocupação e uso do solo como “infraestrutura urbana” (88,6%), demonstrando que na área de estudo os incêndios em vegetação apresentam relação direta com as áreas urbanizadas.

Na sequência pode-se agrupar as classificações “mosaico de agricultura e pastagem”, “pastagem” e “agricultura” com 8,5% das ocorrências com localização válida na área de estudo.

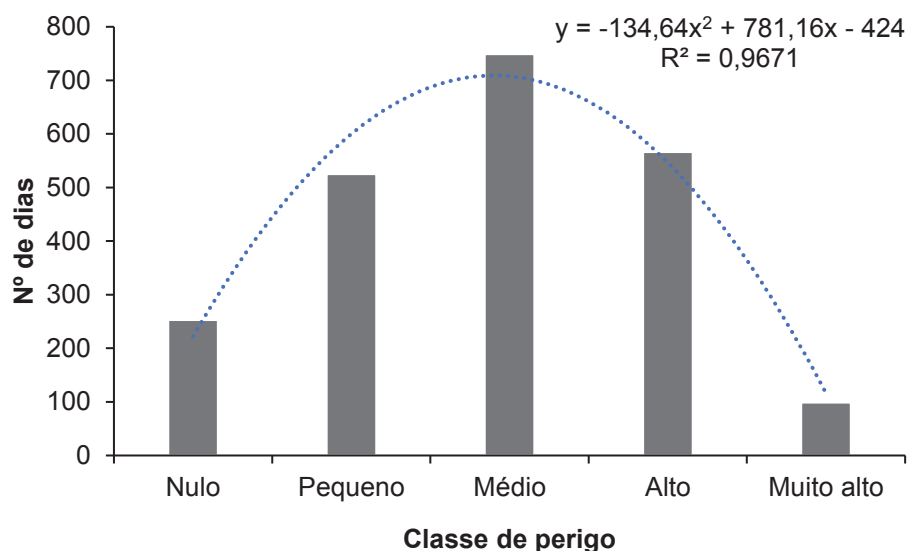
Com menos relevância, as “florestas naturais” aparecem com 1,8% das ocorrências, as “outras áreas não vegetadas” com 0,6% e as “florestas plantadas” com 0,3%.

É importante levar em consideração que em geral a validação dos dados relativos à localização tem maior sucesso em áreas urbanas do que em áreas rurais, devido à ausência de nomenclatura da malha viária, dificultando a geolocalização, o que pode resultar em uma maior presença de incêndios classificados em áreas de infraestrutura urbana.

4.7 DESEMPENHO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

A distribuição do número de dias do período analisado de acordo com o grau de perigo de incêndios para a subárea de estudo está presente no GRÁFICO 34.

GRÁFICO 34 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS DO PERÍODO ANALISADO DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO



FONTE: INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

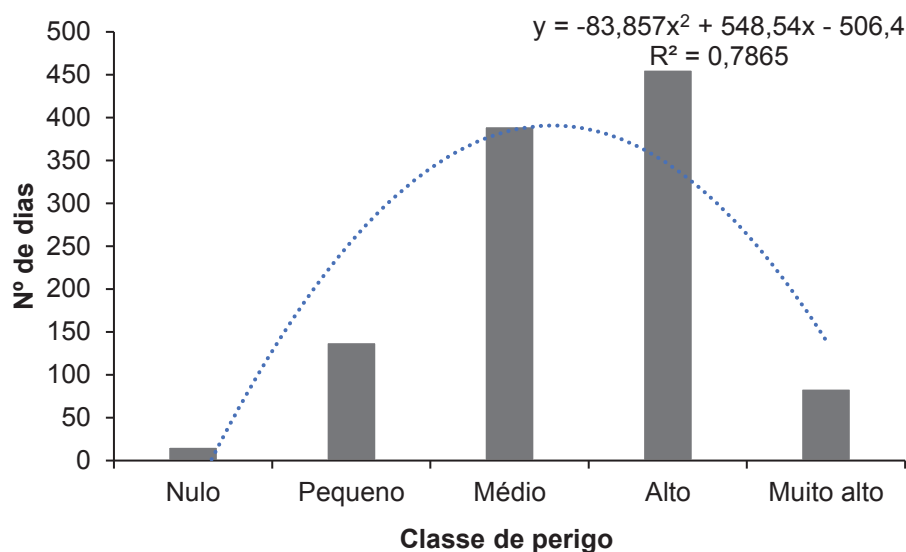
Observa-se que o grau de perigo “médio” foi o mais relevante com 749 dias (34,2%), seguido respectivamente por “alto” e “pequeno” com 566 (25,8%) e 525 dias (24,0%). As classes “nulo” e “muito alto” apresentaram os menores valores com 253 (11,5%) e 99 dias (4,5%), respectivamente.

Mediante análise gráfica foi verificado que os valores apresentados pela FMA no período analisado foram satisfatórios, pois apresentaram maior concentração de dias na classe médio, sem predominância de valores nas classes extremas, evitando assim uma alocação de recursos superior ou inferior ao necessário.

De acordo com Tetto (2012, p. 88), “a distribuição esperada para os índices ajustados é a de um maior número de dias na classe “médio”, decrescendo gradualmente esses valores para as classes mais extremas”.

O GRÁFICO 35 apresenta a distribuição do número de dias com incêndio de acordo com cada classe de perigo.

GRÁFICO 35 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Na distribuição do número de dias com incêndio, verificou-se que as classes de perigo predominantes no período analisado foram a “alto” e “médio”, apresentando respectivamente 456 (42,1%) e 390 dias (36,0%), seguido por “pequeno” com 138 dias (12,7%), “muito alto” com 84 dias (7,7%) e “nulo” com 16 dias (1,5%).

Apesar das classes “médio”, “alto” e “muito alto” apresentarem um total de 85,8% dos dias com incêndios, o desejável seria que houvesse uma distribuição crescente englobando todas as classes, inclusive a classe “muito alto”, indicando assim a necessidade de um ajuste da FMA para a subárea de estudo (TETTO *et al.*, 2010b; TETTO, 2012; BORGES *et al.*, 2011).

A TABELA 25 apresenta a distribuição dos dias de acordo com o grau de perigo de incêndio considerando intervalos de classe fixos de quatro ocorrências ao dia.

TABELA 25 - DISTRIBUIÇÃO DOS DIAS DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO CONSIDERANDO INTERVALOS DE CLASSE FIXOS DE QUATRO OCORRÊNCIAS AO DIA

GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIOS	DIAS COM INCÊNDIO									
	≥ 1 < 5 ocorr.		≥ 5 < 10 ocorr.		≥ 10 < 15 ocorr.		≥ 15 ocorr.		TOTAL	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Nulo	16	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16	1,5
Pequeno	129	93,5	9	6,5	0	0,0	0	0,0	138	12,7
Médio	302	77,4	64	16,4	13	3,3	11	2,8	390	36,0
Alto	247	54,2	124	27,2	41	9,0	44	9,6	456	42,1
Muito alto	29	34,5	34	40,5	7	8,3	14	16,7	84	7,7
TOTAL	723	66,7	231	21,3	61	5,6	69	6,4	1.084	100

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Nota: Ocorr. = Ocorrências.

A concentração dos dias com incêndio das classes “nulo” (16 dias – 100%) e “pequeno” (129 dias – 93,5%) se deram majoritariamente no intervalo de 1 a 4 ocorrências. O grau “médio” também apresentou maior número de dias com incêndio no intervalo de 1 a 4 ocorrências (302 dias – 77,4%), decrescendo nas demais de forma mais abrupta do que o grau “alto”. O grau “muito alto” apresentou mais dias com incêndio no intervalo de 4 a 9 ocorrências se comparado ao intervalo anterior (de 1 a 4 ocorrências), bem como no intervalo maior que 15 ocorrências se comparado ao intervalo de 10 a 14 ocorrências.

Com isso, verificou-se que a maior concentração de dias com registros da classe “pequeno” - observada no GRÁFICO 35 - se comparada à classe “muito alto”, está relacionada a muitos dias com poucas ocorrências.

Foi verificado também o percentual de dias em que houve incêndios de acordo com o grau diário de perigo previsto (TABELA 26), objetivando avaliar a porcentagem de dias com incêndio para a previsão de cada grau de perigo.

TABELA 26 - DIAS COM INCÊNDIO DE ACORDO COM OS DIAS PREVISTOS DE DETERMINADO GRAU DE PERIGO

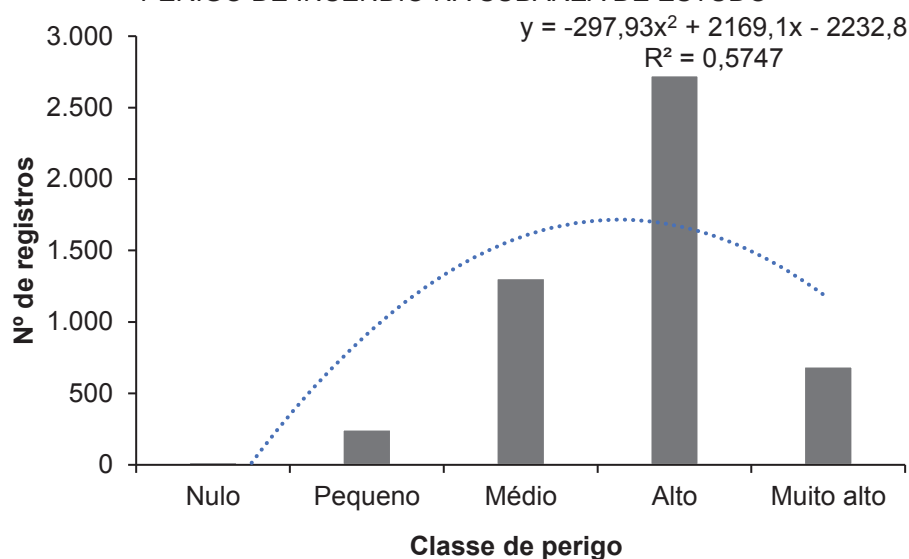
GRAU DE PERIGO	DIAS COM INCÊNDIO OBSERVADO		DIAS PREVISTOS	
	n°	%	n°	%
Nulo	16	6,3	253	100
Pequeno	138	26,3	525	100
Médio	390	52,1	749	100
Alto	456	80,6	566	100
Muito alto	84	84,8	99	100

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

A TABELA 26 demonstra que os graus de perigo de incêndio apresentaram um resultado satisfatório, demonstrando valores percentuais crescentes da classe “nulo” para o grau “muito alto”, ou seja, quanto mais crítica foi a classificação do grau de perigo diário, maior foi o percentual de acerto de ao menos um incêndio ao dia.

O GRÁFICO 36 apresenta a distribuição do número de registros de incêndios de acordo com o grau de perigo de incêndio.

GRÁFICO 36 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE ACORDO COM O GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO NA SUBÁREA DE ESTUDO



FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

De acordo com o GRÁFICO 36 observa-se predominância das classes “alto” (2.725 ocorrências - 54,6%) e “médio” (1.306 ocorrências - 26,2%) na subárea de estudo. O grau “muito alto” apresentou 688 ocorrências (13,8%) e as classes “pequeno” e “nulo” apresentaram 248 (5,0%) e 19 ocorrências (0,4%).

Seguindo o pressuposto de que quanto menor o número de ocorrências nas classes “nulo” e “pequeno” mais satisfatório se dá o comportamento da fórmula, observa-se que o GRÁFICO 36 apresentou um bom comportamento, pois as classes “médio”, “alto” e “muito alto” foram responsáveis por 94,6% das ocorrências.

No entanto, o comportamento gráfico esperado que demonstraria um ajuste da FMA seria crescente da classe “nulo” para a “muito alto” (TETTO, 2010b; TETTO, 2012; NUNES, 2005; NUNES *et al.*, 2010). Assim, o desempenho seria mais satisfatório com uma maior concentração das ocorrências na classe “muito alto”, indicando uma necessidade de ajuste da fórmula.

Comparando com estudos que utilizaram os registros de incêndios obtidos através de ocorrências ao invés de focos de calor, tanto para os dias com registro, quanto para o número de registros relacionados com as classes de perigo de incêndios, os autores Nunes *et al.* (2010), Pajewski (2016) e Tetto *et al.* (2010b) verificaram necessidade de ajustes da FMA em suas áreas de estudo. No entanto, Borges *et al.* (2011), Tetto (2012), Kovalsyki (2016), Mbanze *et al.* (2017) e Zucchi e Tetto (2020) verificaram um desempenho gráfico satisfatório, demonstrando que a FMA está ajustada nas suas áreas de estudo de acordo com os períodos analisados.

É importante ressaltar que tanto Tetto (2012) quanto Kovalsyki (2016) relataram que apesar do desempenho da FMA ser satisfatório em suas áreas de estudo, o mesmo pode ser otimizado com ajustes das classes de limites superior e inferior, semelhante a situação encontrada pelo presente estudo.

A TABELA 27 apresenta os valores obtidos mediante aplicação da tabela de contingência para o *skill score*, porcentagem de sucesso da FMA, porcentagem de acerto nas previsões de ocorrência de incêndio e porcentagem de acerto nas previsões de não ocorrência de incêndio.

TABELA 27 - RESULTADOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA A SUBÁREA DE ESTUDO

RESULTADOS	
<i>Skill Score</i> (SS)	0,420
Porcentagem de Sucesso (PS)	70,9
Acerto ocorrência de incêndio (%)	65,8%
Acerto não ocorrência de incêndio (%)	80,2%

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Os valores de acerto na ocorrência de incêndio (65,8%) e de acerto na não ocorrência de incêndio (80,2%) foram satisfatórios, pois demonstraram que o FMA foi eficiente na subárea de estudo.

Para a avaliação do SS e da PS é necessário realizar comparações com outros estudos, que avaliaram a eficiência da FMA mediante a aplicação da tabela de contingência utilizando registros de ocorrências de incêndios em vegetação (TABELA 28).

TABELA 28 – RESULTADOS DE SS E PS OBTIDOS POR DIFERENTES ESTUDOS

AUTOR	ÁREA DE ESTUDO	LOCALIZAÇÃO	PERÍODO	SS	PS
Tetto (2012)	Empresa florestal	Telêmaco Borba, PR	1965 - 2009	0,063	39,6
Sampaio (1999)	Empresa florestal	Agudos, SP	1984 - 1995	0,061	36,9
Nunes <i>et al.</i> (2010)	Empresa florestal	Telêmaco Borba, PR	1998 - 2003	0,052	34,3
Borges <i>et al.</i> (2011)	Empresa florestal	Norte do Espírito Santo	2003 - 2006	0,095	38,5
Rodríguez <i>et al.</i> (2012)	Empresa florestal	Pinar del Rio, Cuba	2006 - 2011	0,041	40,4
Mbanze <i>et al.</i> (2017)	Empresa florestal	Lichinga, Moçambique	2010 - 2012	0,070	35,6
Torres <i>et al.</i> (2008)	Município	Juiz de Fora, MG	1995 - 2004	0,388	68,0
Kovalsyki (2016)	Município	Ponta Grossa, PR	2006 - 2014	0,202	51,9
Souza (2014)	Município	Lajes, SC	2009 - 2013	0,215	67,4
Zucchi e Tetto (2020)	Município	Maringá, PR	2009 - 2010	0,373	66,6
O presente estudo	Municípios	RMC, PR	2011 - 2016	0,420	70,9

FONTE: O autor (2021)

Nota: RMC = Região Metropolitana de Curitiba.

Ao se comparar com outros estudos, observa-se que o valor de SS (0,42) e a PS (70,9%) obtido na subárea de estudo foi superior aos demais, demonstrando uma eficiência satisfatória quando analisado isoladamente. No entanto, observa-se que tanto a subárea do presente estudo, quanto as pesquisas que se basearam em municípios como área de estudo, apresentaram valores de SS e PS superiores aos que utilizaram como objeto de estudo áreas localizadas em empresas florestais.

Como a subárea de estudo compõe áreas urbanas e rurais, incluindo interfaces urbano-rurais, características semelhantes com os outros municípios estudados pelos autores citados, a presença antrópica é evidentemente mais presente do que em áreas florestais.

Pelo fato de que a tabela de contingência utiliza a ocorrência de ao menos um registro para o acerto na ocorrência de incêndio e apesar de comumente as ocorrências não apresentarem perícias ou estatísticas confiáveis para apontar as principais causas do início do fogo, há uma tendência que o fator humano esteja diretamente relacionado como principal causa, portanto, possivelmente, tanto a subárea de estudo quanto os estudos localizados em municípios, poderão apresentar valores superiores às demais pesquisas que tiveram áreas de estudo restritas a empresas florestais.

Com isso, verificou-se que a análise individual do SS, PS ou análise da distribuição do número de dias, dias com registros e registros de acordo com o grau de perigo de incêndios, não representa um parecer confiável, sendo necessário uma análise com as referidas variáveis em conjunto.

5 CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que:

- O planejamento e organização de ações de combate devem anteceder e compor o período de julho a setembro, priorizando o horário das 13 às 16:59h, sem distinção relacionada aos dias da semana.
- O município de Curitiba foi o que apresentou maior valor absoluto de ocorrências e de densidade de incêndio. Quanto à extensão, o município de São José dos Pinhais foi o mais afetado, seguido pelo município de Piraquara, demonstrando a necessidade de políticas preventivas voltadas prioritariamente para essas regiões.
- A geolocalização das ocorrências de incêndios foi abundante em áreas classificadas como “infraestrutura urbana”, indicando a possibilidade de que a presença antrópica influencia a ocorrência dos incêndios na área de estudo.
- Devido à ausência de informações mais detalhadas contidas nos RGOs acerca do tipo de vegetação atingida, não foi possível obter informações úteis para aplicação de políticas preventivas e de combate voltadas às características do material combustível, evidenciando a necessidade de melhorias no preenchimento dos registros.
- Foi verificada forte correlação entre o número de dias sem precipitação com as ocorrências de incêndios, corroborando com a literatura e indicando que períodos de estiagem favorecem a ocorrência de incêndios em vegetação.
- O comportamento da FMA foi satisfatório para a área de estudo, porém é necessária a realização de ajustes nos intervalos de grau de perigo para apresentar maior efetividade.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). Australia fires: A visual guide to the bushfire crisis. 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/world-australia-50951043>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R. dos; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 153-159, 2011.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest Fire: Control and Use**. 2 ed. Estados Unidos da América: McGRAW-HILL. 1959. 686 p.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF FORESTRY AND FIRE PROTECTION (CAL FIRE). Camp Fire. 2020. Disponível em: <<https://www.fire.ca.gov/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artumed, 2003. 255 p.

CAMIA, A.; DURRANT, T.; SAN-MIGUEL-AYANZ, J. **The European Fire Database: Technical specifications and data submission**. Ispra, Itália, n. 151, 2014. 21 p.

CANADIAN INTERAGENCY FOREST FIRE CENTRE INC (CIFFC). Canadian Wildland Fire Management Glossary, 2017. Disponível em: <https://www.cifc.ca/sites/default/files/2019-03/CIFFC_Canadian_Wildland_Fire_Mgmt_Glossary_2017_10_24.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. **Fire in forestry: forest fire behavior and effects**. vol. 1. Estados Unidos da América: John Wiley and Sons, 1983. 450 p.

CLAR, C. R.; CHATTEN, L. R. **Principles of forest fire management**. Ed. revisada. Sacramento, 1966. 274 p.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). Ocurrencia y daño histórico de incendios forestales: 1964-2019. 2020. Disponível em: <<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). **Incendios forestales: guía práctica para comunicadores**. Zapopan, 3 ed. 2010. 54 p.

_____. Cierre 2019: del 01 de enero al 31 de diciembre de 2019. 2020. Disponível em: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre_de_la_Temporada_2019.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ (CCB). Estrutura organizacional. 2020. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

DELGADO, F. G.; FABABÚ, D. D.; TERRÉN, D. M. **Incêndios florestais I**: módulo básico. Espanha: ediciones AIFEMA, 2009. 240 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Forest management - global assessment 2006**. Roma, Itália, n. 151, 2007. 121 p.

FEIJOO, A. M. L. C. Correlação. In: **A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação** [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 70-77.

FERREIRA, H. R. **Ocorrências de incêndio em vegetação, no período de 2011 a 2015, no município de Curitiba-PR**. 63 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

FERREIRA, H. R.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. Análise das ocorrências de incêndios em vegetação, no período de 2011 a 2015, no município de Curitiba, Paraná. In: RODRÍGUEZ, M. P. R.; GONZÁLEZ, A. J.; RODRÍGUEZ, R. G.; PONCE, S. I. C. (Org.). **Investigaciones de pregrado sobre manejo del fuego**. Guayaquil-Ecuador: Grupo Compás, 2018, 178 p.

FERREIRA, H. R.; TETTO, A. F. Análise das ocorrências de incêndios florestais no Estado do Paraná no ano de 2012. In: JORNADAS JÓVENES INVESTIGADORES-AUGM, 21. 2013, Corrientes, Argentina. **Anais...** Argentina, 2013. p. 730-731.

FERREIRA, H. R.; TETTO, A. F.; BATISTA, A. C. Ocorrência de incêndios florestais no Estado do Paraná no ano de 2011. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 3. E SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 11., 2012, Irati, Paraná. **Anais...** Irati, 2012.

FIMIA, J. C. M. Factores ambientales: factores meteorológicos. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009. p. 145-149.

FIMIA, J. C. M.; ALCALDE, E. E. Las bases de datos para definir el fenómeno de los incendios florestales. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009. p. 5-12.

GAYLOR, H. P. **Wildfires: prevention and control**. Bowie: R. J. Brady Company, 1974. 319 p.

GOLDAMMER, J. Global fire issues. **Wald-info 26 - Management and conservation of natural resources section**, p. 5-10, 2000.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; OJEDA, F.; FERNANDES, P. M. Portugal and Chile: Longing for sustainable forestry while rising from the ashes. **Environmental Science and Policy**, [s.l.], v. 81, p. 104-107, 2018.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminar assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v. 22, n. 5, p. 78-87, 2005.

HEIKKILÄ, T. V.; GRÖNQVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Wildland fire management: handbook for trainers**. Helsinki: Kirjapaino Topnova Oy, 2007. 236 p.

_____. **Wildland fire management: handbook for trainers**. Roma: FAO, 2010. 248 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Classificação climática. 2018. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-863.html>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2010. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em 21 mar. 2020.

_____. Estimativas da população. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985&t=resultados>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. Países. 2021. Disponível em: <<https://paises.ibge.gov.br/#/mapa>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Manual para formação de brigadista de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília, 2010. 87 p.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Sistema de informações hidrológicas. 2020. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). Mapa de fitogeografia do Estado do Paraná. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fitogeografico_A3.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. Relatório de cálculo de área dos municípios do estado do Paraná - ano 2019. 2019. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Dados_2019/RELATORIO_DE_CALCULO_DE_AREA_DOS_MUNICIPIOS_DO_PARANA2019.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. 2020. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em 10 out. 2020.

INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS (IUFRO). Global fire challenges in a warming world. **Occasional Paper n. 32**. IUFRO, Viena, 2018. 58 p.

JOINT RESEARCH CENTRE (JRC). Forest fires in Europe, Middle East and North Africa, 2018. JRC Technical Report, Ispra, Itália, 2019. Disponível em: <<https://gfmco.online/wp-content/uploads/EU-Forest-Fires-in-Europe-2018.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

KOVALSYKI, B. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno**. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

KOVALSYKI, B. TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOUSA, N. J.; TAKASHINA, I. K. Avaliação da eficiência da Fórmula de Monte Alegre para o município de Ponta Grossa-PR. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 208-218, 2014.

LEITE, F. F.; MARTINS, C. O.; GONÇALVES, A. B.; VIEIRA, A. Os incêndios florestais no distrito de Braga. **Núcleo de Investigação em Geografia e Planejamento**, Guimarães, número especial 2010/2, 2010.

LIEROP, P. V.; LINDQUIST, E.; SATHYAPALA, S.; FRANCESCHINI, G. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 352, p. 78-88, 2015.

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

LIMA, G. S.; TORRES, F. T. P.; COSTA, A. G.; FÉLIX, G. A.; DA SILVA JÚNIOR, M. R. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018.

LORENZETTO, D. **Avaliação da eficiência do combate aos incêndios florestais realizados pelo Corpo de Bombeiros do Paraná**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LUCAS, F. M. F.; KOVALSYKI, B.; TETTO, A. F. Incêndios florestais: a realidade sobre o fogo que consome o Brasil. **Campos e Negócios: florestas**. Uberlândia, n. 51, p. 21-25, 2020.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 4. ed., 2012. 526 p.

MACEDO, F. W. de; SARDINHA, A. M. **Fogos florestais**. Lisboa: Publicações Ciência e Vida, v. 2, 1987, 342 p.

MBANZE, A. A.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; ROMERO, A. M.; MUDEKWE, J. Desempenho dos índices de Nesterov e Fórmula de Monte Alegre no distrito de Lichinga, norte de Moçambique. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 338-344, 2017.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. da M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.

MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **J. vasc. bras.**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 275-279, 2018.

MONTEIRO, M. M. G. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo**: manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. Tallahassee: The Nature Conservancy, 2006. 28 p.

NATIONAL FORESTRY DATABASE. Forest fires. 2020. Disponível em: <<http://nfdp.ccfm.org/en/data/fires.php>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NATIONAL INTERAGENCY FIRE CENTER (NIFC). Historical wildland fire information. 2020. Disponível em: <https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_statistics.html>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP (NWCG). User Guide for Glossary of Wildland Fire-PMS 937, 2018. Disponível em: <<https://www.nwccg.gov/glossary/a-z>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná-Brasil**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre alterada (FMA+) no distrito florestal de Monte Alegre. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 319-326, 2010.

OJEDA, A. A.; DUARTE, H. H.; VILLIRILLO, T. K.; ALMARZA, A. R. **¿Como preparo mi casa y entorno frente a los incêndios forestales?**: Manual de prevención de incendios forestales. Chile: Corporación Nacional Forestal, 2015. 123 p.

PAIXÃO, L. A. da. “**Seca, geada e fogo**”: **considerações sobre um desastre ambiental (Paraná, 1963)**. 187 f. Dissertação (Mestrado em História) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

PAIXÃO, L. A. da; PRIORI, A. A. Fogo na roça: desastres ambientais no Estado do Paraná (1963). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA, 5. 2011, Maringá, Brasil. **Anais...** Brasil, 2011. p. 906-917.

PAJEWSKI, F. F. **Ajuste do índice de perigo de incêndios FMA para o estado do Paraná**. 10 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PARANÁ. **O Paraná em flagelo**: relatório. Departamento de Geografia Terras e Colonização. Curitiba, 1963.

_____. **Decreto 4.224 de 14 de abril de 1998**. Considera incêndio florestal, todo fogo sem controle sobre qualquer forma de vegetação, provocado pelo homem intencionalmente ou por negligência, ou ainda por fonte natural. Diário oficial, Curitiba, 1998. Disponível em: <<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=48580&indice=1&totalRegistros=1&dt=22.2.2020.18.49.2.922>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. **Lei 11.027 de 29 de dezembro de 1994 e suas alterações**. Transforma a Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - COMEC em autarquia e adota outras providências. Diário oficial, Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=489&codItemAto=30327#30327>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PATRIOTA, J. N.; BATISTA, A. C.; GANASSOLI, E.; SANTOS, M. M.; COELHO, M. C. B.; GIONGIO, M. Avaliação das ocorrências de incêndios florestais no estado do Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 3, p. 518-523, 2017.

PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DE COBERTURA E USO DE SOLO DO BRASIL (MAPBIOMAS). Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2020. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1.; REUNIÃO CONJUNTA IPEF-FUPEF-SIF, 3., 1995. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p. 29-38.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 78-118, 2002.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; MENZONET, Y. G. Definición de la época de incendios florestales em um contexto multivariado. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 137-143, 2004.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; BECERRA, L. W. M. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte Alegre, Brasil, e de Pinar del Río, Cuba. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 231-240, 2013.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; SIERRA, C. A. M.; RODRÍGUEZ, Y. C. Ajuste e desempenho dos índices de perigo de incêndios Nesterov, FMA e FMA+ na empresa florestal Macurije, Cuba. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 651-660, 2012.

SAMPAIO, O. B. **Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

_____. **Análise da eficiência de quatro índices, na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos-SP**. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

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

SANTOS, J. F. L. dos; TETTO, A. F.; BERTACCHI, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Comparison of forest fire profiles in Londrina, Brazil and Pisa, Italy. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 2, e20170607, 2019.

SECRETARÍA DE GOBIERNO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. **Estadística de incendios forestales: 2017**. Buenos Aires, 2018. 71 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Inventário florestal nacional: principais resultados – Paraná**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2018. Relatório técnico.

SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE. Incendio forestal. 2018. Disponível em: <<http://geo.serfor.gob.pe/geoserfor/index.php/catastro-forestal/unidad-de-monitoreo>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN. Programa Nacional del Manejo del Fuego, 2020. Disponível em: <<http://www.sinac.go.cr/ES/manrecurfor/Paginas/manejfuego.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SISTEMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO. ¿Qué es un incendio forestal?, 2020. Disponível em: <<https://www.argentina.gob.ar/sinagir/incendio-forestal>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centroparanaense, Brasil**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972.

SOARES, R. V. Plano de proteção contra incêndios florestais. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF, 4., E CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 2., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996. p. 140-150.

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais**. 2 ed. Curitiba, 2008. 55 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2015. 215 p.

_____. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2 ed. revisada Curitiba, 2017. 255 p.

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

SOUZA, J. de. **Comportamento e ajustes dos índices de perigo de incêndio – FMA e FMA+ para o município de Lages-SC**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

SISTEMA DE REGISTRO E ESTATÍSTICA DE OCORRÊNCIAS DO CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ (SYSBM-CCB). Versão 3.31 – Registros de incêndios ambientais de 2011 a 2016. 2019. Disponível em: <<http://www.bombeiroscascavel.com.br/registrocceb/>>. Acesso de 10 de março a 20 de agosto de 2019.

TETTO, A. F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. **Prevenção e combate aos incêndios florestais**. Curitiba: SENAR-PR, 2011. 76 p.

_____. Ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná, no período de 2005 a 2010. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 391-398, 2012.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V. Subsídios à prevenção e combate a incêndios florestais com base no comportamento da precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Irati, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2010a.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; NUNES, J. R. S. Comportamento e ajuste da fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409-417, 2010b.

TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; WENDLING, W. T. Eficiência do combate aos incêndios florestais, no período de 1965 a 2009, na Fazenda Monte Alegre, Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 483-489, 2012.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. ROCHA, G. C.; SILVA, E. **Incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora: Minas Gerais**. Ubá: Geographica Consultoria, Estudos e Projetos Ambientais, 2008. 108 p.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Rev. Árvore**, v. 34, n. 2, p. 297-303, 2010a.

_____. Perfil dos incêndios em vegetação nos municípios de Juiz de Fora e Ubá, MG, de 2001 a 2007. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 17, n. 2, p. 83-89, 2010b.

ÚBEDA, X.; FRANCOS, M. Incendios forestales: um fenómeno global. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 23, n. 1.253, p. 1-8, 2018.

VASCONCELOS, A. F. C. G. N. **Avaliação da suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

VÉLEZ, R. M. Combustibles forestales: combustibilidad. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009a. p. 131-143.

_____. La definición de incendio forestal. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009b. p. 3-5.

_____. Modelos para la predicción del comportamiento del fuego: introducción. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009c. p. 205-206.

VOSGERAU, J. L. **Análise dos incêndios florestais registrados pelo Corpo de Bombeiros no Estado do Paraná no período de 1991 a 2001**. 102 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

ZUCCHI, V. P.; BRAVO, J. V. M. A influência dos elementos climáticos na ocorrência de incêndios na região de Maringá-PR, nos anos de 2009/2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 3, p. 417-426, 2013.

ZUCCHI, V. P.; TETTO, A. F. Eficiência do índice de perigo de incêndio “Fórmula de Monte Alegre” em Maringá-PR, nos anos de 2009 e 2010. **Revista Flammae**, Recife, v. 6, n. 17, p. 45-67, 2020.

APÊNDICE 1 – TESTES ESTATÍSTICOS

TABELA 29 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS À TAXA DE VALIDAÇÃO E INFORMAÇÕES TERRITORIAIS

VARIÁVEL	Nº	SHAPIRO-WILK
Taxa de validação municipal de número de ocorrências	27	0,28
Taxa de validação municipal área queimada	27	0,105
Taxa de validação municipal da geolocalização	27	0,002
Taxa de validação municipal do tipo de vegetação	27	0
Habitantes por km ² de área do município*	27	0,068
Taxa municipal de urbanização	27	0,042

FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2010); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).
Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 30 - CORRELAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS À TAXA DE VALIDAÇÃO E INFORMAÇÕES TERRITORIAIS

VARIÁVEL	NÚMERO DE HABITANTES POR km ² *				TAXA MUNICIPAL DE URBANIZAÇÃO			
	Pearson		Spearman		Pearson		Spearman	
	valor	p	valor	p	valor	p	valor	p
Taxa de validação municipal do número de ocorrências	-0,465	0,015	-	-	-	-	-0,452	0,018
Taxa de validação municipal área queimada	0,043	0,831	-	-	-	-	0,056	0,782
Taxa de validação municipal da geolocalização	-	-	0,858	0	-	-	0,848	0
Taxa de validação municipal do tipo de vegetação	-	-	-0,396	0,041	-	-	-0,549	0,003

FONTE: SYSBM-CCB (2019); IBGE (2010); IBGE (2017); ITCG (2019), elaborado pelo autor (2021).
Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 31 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES ANUAIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

VARIÁVEL	Nº	SHAPIRO-WILK
Número de ocorrências (total anual)	6	0,239
Área queimada (total anual)	6	0,079
Número de dias com incêndio (total anual)	6	0,018
Precipitação (total anual)	6	0,674
Dias sem precipitação (total anual)	6	0,336
Insolação (total anual)	6	0,908
Umidade relativa obtida as 12 horas (média anual)	6	0,516

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 32 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES MENSAIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

VARIÁVEL	N°	SHAPIRO-WILK
Média mensal do número de ocorrências* (área de estudo)	12	0,102
Média mensal de área queimada* (área de estudo)	12	0,079
Média mensal de número de dias com incêndios (área de estudo)	12	0,319
Média mensal do número de ocorrências* (subárea de estudo)	12	0,126
Média mensal de área queimada* (subárea de estudo)	12	0,132
Média mensal de número de dias com incêndios (subárea de estudo)	12	0,292
Média mensal da precipitação	12	0,438
Média mensal de dias sem chuva	12	0,529
Média mensal da umidade relativa (12 horas)	12	0,539
Média mensal da insolação	12	0,145

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 33 - CORRELAÇÃO DOS DADOS RELATIVOS AOS VALORES MENSAIS DE INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

VARIÁVEL	MÉDIA MENSAL							
	PRECIPITAÇÃO		DIAS SEM CHUVA		UR 12 HORAS		INSOLAÇÃO TOTAL	
	Pearson		Pearson		Pearson		Pearson	
	valor	p	valor	p	valor	p	valor	p
Média mensal do número de ocorrências* (área de estudo)	-0,486	0,109	0,731	0,007	-	-	-	-
Média mensal de área queimada* (área de estudo)	-0,19	0,554	0,509	0,091	-	-	-	-
Média mensal de número de dias com incêndios (área de estudo)	-0,648	0,023	0,735	0,006	-	-	-	-
Média mensal do número de ocorrências* (subárea de estudo)	-	-	-	-	0,505	0,094	0,585	0,046
Média mensal de área queimada* (subárea de estudo)	-	-	-	-	0,457	0,135	0,367	0,24
Média mensal de número de dias com incêndios (subárea de estudo)	-	-	-	-	0,227	0,479	0,797	0,002

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 34 - NORMALIDADE DOS DADOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO MENSAIS

VARIÁVEL	N°	KOLMOGOROV-SMIRNOV	BARTLET
Número de ocorrências*	72	0,20	0,14
Área queimada**	72	0,20	0,69
Número de dias com incêndios	72	0,20	0,65

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Dados transformados por log10; ** Dados transformados por log10+1.

TABELA 35 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATOR ÚNICO					
FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Meses do ano	11	5,917	0,538	4,370	0,000
Resíduos	60	7,385	0,123	-	-
Total	71	13,302			

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 36 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS

TRATAMENTOS	MÉDIAS	RESULTADO SNK
Fevereiro	1,319	a
Novembro	1,436	ab
Dezembro	1,445	ab
Marco	1,480	ab
Janeiro	1,496	ab
Junho	1,550	ab
Maiο	1,633	ab
Abril	1,667	ab
Outubro	1,678	ab
Julho	2,000	bc
Setembro	2,098	bc
Agosto	2,289	c

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 37 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA ÁREA QUEIMADA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATOR ÚNICO					
FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Meses do ano	11	12,992	1,181	4,848	0,000
Resíduos	60	14,618	0,244	-	-
Total	71	27,610			

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 38 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA ÁREA QUEIMADA

TRATAMENTOS	MÉDIAS	RESULTADO SNK
Fevereiro	0,615	a
Janeiro	0,651	a
Novembro	0,747	a
Março	0,776	a
Abril	0,830	a
Dezembro	0,914	a
Maiο	0,976	a
Outubro	1,155	ab
Junho	1,277	ab
Julho	1,459	ab
Setembro	1,811	b
Agosto	1,941	b

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 39 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATOR ÚNICO					
FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Meses do ano	11	902,444	82,040	2,999	0,003
Resíduos	60	1641,333	27,356	-	-
Total	71	2543,778			

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 40 - TESTE SNK RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO NÚMERO DE DIAS COM INCÊNDIO

TRATAMENTOS	MÉDIAS	RESULTADO SNK
Fevereiro	10,167	a
Junho	12,500	a
Novembro	13,000	a
Dezembro	13,500	a
Maiο	14,333	a
Março	14,500	a
Janeiro	15,000	a
Outubro	15,167	a
Abril	17,167	ab
Julho	17,333	ab
Setembro	19,833	ab
Agosto	24,167	b

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 41 - NORMALIDADE DOS DADOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO SEMANAIS

VARIÁVEL	N°	SHAPIRO-WILK	BARTLET
Número de ocorrências*	42	0,259	0,93
Área queimada*	42	0,169	0,99

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 42 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATOR ÚNICO					
FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Dias da semana	6	0,035	0,006	0,199	0,975
Resíduos	35	1,025	0,029	-	-
Total	41	1,060			

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 43 - RESULTADO DA ANOVA RELATIVO À DISTRIBUIÇÃO SEMANAL DA ÁREA QUEIMADA

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATOR ÚNICO					
FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Dias da semana	6	0,646	0,108	0,985	0,450
Resíduos	35	3,823	0,109	-	-
Total	41	4,468			

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 44 - NORMALIDADE DOS DADOS RELATIVOS AOS INCÊNDIOS EM VEGETAÇÃO POR INTERVALO HORÁRIO

VARIÁVEL	N°	SHAPIRO-WILK
Número de ocorrências*	144	0
Área queimada*	144	0

FONTE: SYSBM-CCB (2019), elaborado pelo autor (2021).

Nota: * Dados transformados por log10.

TABELA 45 - TABELA DE CONTIGÊNCIA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
PREVISTO	INCÊNDIO	930	484	1414
	NÃO INCÊNDIO	154	624	778
TOTAL OBSERVADO		1084	1108	2192

FONTE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).

TABELA 46 – CÁLCULOS DA TABELA DE CONTIGÊNCIA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
PREVISTO	INCÊNDIO	0,8579	0,4368	1,2948
	NÃO INCÊNDIO	0,1421	0,5632	0,7052
TOTAL OBSERVADO		1	1	2

FORNE: SYSBM-CCB (2019); INMET (2020); Instituto das Águas do Paraná (2020), elaborado pelo autor (2021).