

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL DE OLIVEIRA BISPO

ÍNDICE DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA MARINGÁ – PR

CAMPO MOURÃO

2022

GABRIEL DE OLIVEIRA BISPO

ÍNDICE DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA MARINGÁ – PR

FOREST FIRE RISK INDEX FOR MARINGÁ – PR

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Cleide Baldo

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Zandonadi

CAMPO MOURÃO

2022



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL DE OLIVEIRA BISPO

ÍNDICE DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA MARINGÁ – PR

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30/05/2022

Thiago Morais de Castro
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

Victor da Assunção Borsato
Doutorado
Universidade Estadual do Paraná, Campus Campo Mourão

Maria Cleide Baldo (orientadora)
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

Leandro Zandonadi (coorientador)
Doutorado
Universidade Estadual de Maringá, Campus Maringá

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me capacitar, me dar saúde e discernimento durante toda a minha vida para que eu sempre possa fazer o meu melhor e nunca desistir.

A minha mãe, Soraia Isabel, que está no céu, mas ao mesmo tempo está bem viva dentro de mim e graças aos seus ensinamentos hoje sou um homem do bem, com muito caráter e educação.

Aos meus irmãos Matheus e Nathália por estarem sempre juntos comigo na caminhada da vida, e por sempre acreditarem em mim e nos meus sonhos.

A minha noiva Alexandrina Musa, por ser minha companheira de vida, me fazer feliz todos os dias, me apoiar, me incentivar em todos os momentos, por me corrigir quanto aos meus erros e por sempre me fazer acreditar que posso ser melhor a cada dia.

Aos meus sobrinhos Isabella e Arthur por fazerem minha vida mais feliz, e por serem um dos motivos pelo qual eu acordo e luto todos os dias por um futuro melhor.

Ao meu cunhado Raphael, por tão jovem ter assumido a responsabilidade junto à minha irmã de cuidar de mim quando eu era apenas uma criança.

A minha cachorrinha Bibi, por estar sempre alegre e me transmitir sua alegria mesmo quando meus dias não estão sendo tão bons, por estar sempre comigo (inclusive neste momento no qual vos escrevo) e por ser bem mais que um animal de estimação.

Aos meus orientadores prof^a. Dr^a. Maria Cleide Baldo e prof. Dr. Leandro Zandonadi, por me darem todo o suporte para a realização deste trabalho, muito obrigado por acreditarem em mim e me darem a oportunidade de representá-los.

Ao professor Dr. Benjamin Leonardo Alves White do Instituto Federal Baiano campus Xique Xique, por disponibilizar de bom grado a planilha para a realização do cálculo do índice.

A todos os meus familiares, amigos e professores que fizeram parte da minha jornada, e embora não tenham sido nominalmente citados foram muito importantes para que eu pudesse chegar até aqui.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar, por meio da Fórmula de Monte Alegre, os períodos críticos para a ocorrência de incêndios florestais no município de Maringá. Tais incêndios florestais representam um grande problema ao meio ambiente em geral, constituindo uma das grandes ameaças a biodiversidade e também a sociedade. De 2017 a 2020, houve aumento na quantidade de ocorrências de incêndios florestais em Maringá, sendo motivo de apreensão. Os principais fatores que influenciam diretamente na ocorrência de um incêndio florestal são, a precipitação, a umidade, a temperatura e o material combustível. Para este trabalho, foram considerados os dados diários de precipitação e umidade relativa obtidos da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) referente ao período de 1976-2020. Os dados de ocorrência de incêndios foram extraídos a partir de informações de satélites disponibilizados no site oficial do Banco de Dados de Queimadas – BDQUEIMADAS, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Na análise do período crítico para a ocorrência de incêndios, foi levado em consideração apenas o período de 2007 a 2020. Durante esse período, foi possível constatar que em Maringá ocorreram 414 focos de incêndio, com 54% dos dias considerados críticos para a ocorrência de incêndio, sendo 24% com classificação de perigo Alto e 30% com classificação Muito Alto. Os meses pertencentes as estações outono-inverno são os de maior probabilidade de ocorrência de incêndio, sendo o inverno a estação mais crítica, considerando-se que foram registrados 224 dias com grau de periculosidade Alto e 751 dias com grau Muito Alto. Do total de focos de incêndio 55,8% ocorreram entre os meses de julho, agosto e setembro relacionados ao período analisado.

Palavras-chave: Fórmula de Monte Alegre; incêndios florestais; apreensão; ocorrências; índice de perigo.

ABSTRACT

The present study aimed to identify, through the Monte Alegre Formula, the critical periods for the occurrence of forest fires in the municipality of Maringá. Such forest fires represent a great problem to the environment in general, constituting one of the great threats to biodiversity and also to society. From 2017 to 2020, there has been an increase in the number of occurrences of forest fires in Maringá, which is a reason for apprehension. The main factors that directly influence the occurrence of a forest fire are precipitation, humidity, temperature and combustible material. For this work, daily precipitation and relative humidity data obtained from the Main Climatological Station of Maringá (ECPM) for the period 1976-2020 were considered. Fire occurrence data were extracted from information from satellites available on the official website of the Burning Data Bank – BDQUEIMADAS, of the National Institute for Space Research – INPE. In the analysis of the critical period for the occurrence of fires, only the period from 2007 to 2020 was taken into account. During this period, it was possible to verify that in Maringá there were 414 fire outbreaks, with 54% of the days considered critical for the occurrence of fire, with 24% classified as High and 30% classified as Very High. The months belonging to the autumn-winter seasons are the ones with the highest probability of fire occurrence, with winter being the most critical season, considering that 224 days with a high degree of danger and 751 days with a very high degree were recorded. Of the total fire outbreaks, 55.8% occurred between the months of July, August and September related to the analyzed period.

Keywords: Monte Alegre formula; forest fires; seizure; occurrences; danger index.

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----------|
| Gráfico 1 - Precipitação média mensal para Maringá (1976 a 2020) | 15 |
| Gráfico 2 - Média sazonal de pluviosidade em Maringá (1976 a 2020)..... | 16 |
| Gráfico 3 - Maiores sequências de dias consecutivos sem chuva (2007 a 2020) | 17 |
| Gráfico 4 - Total anual de precipitação do período (1976 a 2020) | 18 |
| Gráfico 5 - Temperatura média mensal de Maringá – período 1976 – 2020 | 19 |
| Gráfico 6 - Quantidade de focos de incêndios por ano (2007-2020)..... | 20 |
| Gráfico 7 - Quantidade de dias de periculosidade para cada classe no período de 2007 – 2020 | 22 |
| Gráfico 8 - Quantidade de dias representantes do verão e seus respectivos graus de periculosidade | 24 |
| Gráfico 9 - Quantidade de dias representantes do inverno e seus respectivos graus de periculosidade | 24 |
| Gráfico 10 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2007 | 25 |
| Gráfico 11 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2013 | 26 |
| Gráfico 12 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2017 | 27 |
| Gráfico 13 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2019 | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1 - Modificação no cálculo da FMA de acordo com a precipitação | 12 |
| Tabela 2 - Escala que estabelece o grau de periculosidade de incêndios de acordo com os índices da FMA..... | 13 |
| Tabela 3 - Total de FMA e focos de incêndio durante o período analisado (2007-2020) | 13 |
| Tabela 4 - Resultado da Fórmula de Monte Alegre (FMA), com classes de periculosidade e distribuição mensal dos focos de incêndio registrados no município de Maringá –PR para os anos de 2007 a 2020 | 22 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 - Tetraedro do Fogo..... | 5 |
| Figura 2 - Localização do município de Maringá – PR e da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM)..... | 10 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 2 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 2 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.2 Justificativa..... | 2 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 9 |
| 3.1 Caracterização do meio físico..... | 9 |
| 3.2 Dados utilizados..... | 11 |
| 3.3 Fórmula de Monte Alegre | 11 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 13 |
| 4.1 Análise dos dados de precipitação para Maringá | 14 |
| 4.2 Análise de temperatura..... | 18 |
| 4.3 Ocorrências e identificação dos períodos críticos de incêndios..... | 20 |
| 5 CONCLUSÃO | 29 |
| REFERÊNCIAS..... | 30 |

1 INTRODUÇÃO

Incêndios florestais, dependendo de suas proporções, podem ser responsáveis por diversos danos e perdas à biodiversidade, à população e também à economia global.

Informações referentes aos Índices de Riscos de Incêndio Florestal concedem diversos subsídios ao município para determinadas atividades, dentre elas, prevenção de incêndios, combate aos incêndios, dimensionamento de equipes, dimensionamento de infraestrutura, planejamento de ações de manutenção e também, para vigilância e monitoramento de incêndios (DEPPE *et al.*, 2004).

Nunes (2005) afirma que no estado do Paraná a cobertura florestal vem sendo reduzida ao longo das últimas décadas, seja pela exploração comercial desenfreada da matéria prima florestal, ou por consequência dos avanços da agricultura. Os incêndios florestais têm sido causa constante de preocupação para a população e também para os órgãos responsáveis pela política florestal, pois são causadores de grandes danos, tanto financeiros quanto no aspecto da biodiversidade.

O índice de perigo de incêndio é uma ferramenta capaz de auxiliar no planejamento e supervisão das atividades de controle de incêndios florestais. Existem diversos índices internacionais, nacionais, regionais ou locais. Estes índices são adaptados às condições de cada país ou região (SOARES, 1998). Portanto, a utilização de um índice de perigo confiável é fator determinante para elaborar um planejamento mais eficiente (NUNES *et al.*, 2010).

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA, 2021), o município de Maringá está localizado na região norte do Paraná e possui um total de 186,924 hectares de áreas verdes. Dentre estas áreas, estão Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente, que possuem importância relevante para o território nacional, pois preservam o patrimônio biológico existente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é mostrar os riscos de incêndios florestais em Maringá por meio da aplicação da Fórmula de Monte Alegre (SOARES, 1972).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar os dados diários de precipitação nas escalas de análises diárias, mensais e sazonais.
- Apresentar as principais características geográficas da área de estudo.
- Identificar os períodos consecutivos sem chuva.
- Tabular as ocorrências de incêndios.
- Identificar por meio da Fórmula de Monte Alegre, os períodos críticos para a ocorrência de incêndios florestais.

1.2 Justificativa

A melhor maneira de se evitar as ocorrências de incêndios florestais, e consequentemente seus danos, é utilizar-se de algum método para prevenção.

Conforme denotam os dados obtidos através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA, 2021), o município de Maringá, conta com diversas áreas verdes (desde Unidades de Conservação à Áreas de Preservação Permanentes), que constituem 1.869.247,65 m² do município, portanto, é fundamental que sejam elaborados estudos que visem proteger estas áreas de florestas remanescentes de possíveis incêndios, protegendo a biodiversidade e também a população local.

Para isso, existem diversos índices que podem ser utilizados, entretanto, é necessário que se escolha o índice que mais se adequa à localidade (SOARES, 1998). Para este estudo foi utilizada a Fórmula de Monte Alegre, pois de acordo com Nunes *et al.*, (2006) esta fórmula tem sido a mais utilizada no Estado do Paraná, cuja a vocação é agrícola e florestal, requerendo monitoramento permanente dos fatores que influenciam na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais.

Assim, a análise considerou os dados das precipitações diárias no período de 1976 a 2020, bem como os dados das ocorrências de incêndios florestais do período de 2007 a 2020 no município de Maringá - PR, com o intuito de identificar os períodos mais críticos de ocorrências.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A urbanização e o crescimento das cidades levam à ampliação dos sítios urbanos e conseqüentemente a redução das áreas vegetadas, seja aquelas florestais e o aumento da pressão àquelas de preservação permanentes.

Conforme Marques e Barros (2014) descrevem, a vegetação é responsável por amenizar a poluição atmosférica, apresentam influência na melhoria do conforto térmico regional, e também causam sensações de bem-estar físico e psíquico à população. Entretanto, a pressão que estas áreas florestais sofrem, devido à necessidade de novas regiões designadas as atividades do agronegócio, é um fator considerável no aumento do número de ocorrências de incêndios florestais e também das extensões das áreas queimadas (BATISTA, 2004).

O fogo pode ser considerado, dentre os diversos agentes que acometem os recursos florestais, como a maior catástrofe (SOARES; SANTOS, 2002). Todavia, por ser um recurso viável economicamente, o fogo é tido como a principal ferramenta no manejo de ambientes agropastoris (RIBEIRO *et al.*, 2008).

De acordo com BATISTA (2019), o fogo é composto por quatro elementos, que formam o tetraedro do fogo (Figura 1), são eles: Combustível, Comburente, Calor e Reação em Cadeia.

Batista (2019) também salienta que combustível é o elemento no qual alimenta o fogo, ou seja, serve como campo para a propagação. Comburente (geralmente o gás Oxigênio, O₂) é o elemento ativador do fogo, esse elemento “dá vida” às chamas. Uma fonte de calor é o elemento que dá início ao fogo. Após o “encontro” de todos estes elementos ocorre a reação em cadeia, ou seja, os combustíveis, após iniciarem a combustão geram mais calor e mais gases desencadeando tal reação em cadeia.



Fonte: Escola Nacional de Bombeiros, Fenomenologia da combustão e extintores, Volume VII (2006, p.15).

Entende-se por incêndio todo fogo incontrolado pelo homem com potencial de se alastrar e destruir. Estes incêndios podem causar grandes danos, tanto sociais (perda de vidas) quanto para a biodiversidade (extinção de espécies, contaminação de recursos hídricos, etc.). Os incêndios não devem ser confundidos com queimadas controladas, pois, o fogo utilizado na forma de queimadas controladas pode ser considerado como ferramenta de auxílio à conservação (MEDEIROS, 2002).

Há décadas, os incêndios florestais estão sendo estudados, entretanto, à medida que as florestas passaram a agregar valor econômico, começaram a surgir pesquisas e trabalhos mais específicos com o objetivo de reduzir os impactos negativos causados pelo fogo (WHITE; RIBEIRO, 2011).

No Brasil, a história dos incêndios florestais iniciou-se no ano de 1963 com um incêndio responsável por devastar uma área equivalente a 2 milhões de hectares (ha) no estado do Paraná. Da área afetada, 500.000 ha eram de florestas primárias, ou seja, o equivalente à $\frac{1}{4}$ da área total, que resultou em uma perda relevante para a biodiversidade. (NUNES; SOARES; BATISTA, 2009).

A ocorrência de incêndios florestais de grandes proporções pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos. Tais incêndios são particularmente graves para áreas de menores extensões, em ecossistemas muito sensíveis ao fogo, áreas isoladas por cidades ou monoculturas agrícolas e também em áreas com espécies raras e/ou ameaçadas de extinção (MEDEIROS; FIEDLER, 2004).

Batista (2000) relata que as notícias sobre as ocorrências de incêndios florestais no Brasil, e em outras partes do mundo, reforçam a necessidade de serem adotados métodos capazes de reduzir o número de incêndios e, conseqüentemente, os danos causados. Entretanto, de acordo com Nunes (2005), a melhoria das

técnicas de prevenção e combate aos incêndios pode não ser conseguida pela simples adoção de tecnologias de outros países, sendo necessário aproveitar também as experiências regionais e locais existentes e aprimorar estas técnicas, de modo a adequá-las à realidade brasileira.

Deve-se realizar a proteção contra incêndios florestais a partir de diversas ações envolvendo etapas de prevenção e também pré-supressão do fogo (RIBEIRO *et al.*, 2006).

A ocorrência e propagação dos incêndios florestais em uma região está atrelada a fatores de risco associados ao fenômeno da combustão. Estes fatores variam em função do ambiente, influenciando de maneira distinta a combustão, resultando em uma diversificação das ocorrências bem como propagação dos incêndios, de acordo com as características do ambiente (BATISTA, 2000).

Os principais fatores responsáveis por influenciar os incêndios florestais estão relacionados às características dos combustíveis, às condições meteorológicas e também, à característica do relevo da região (CASTRO *et al.*, 2003).

Os denominados combustíveis florestais podem ser subdivididos em dois grandes grupos, os combustíveis vivos e os combustíveis mortos. Nos combustíveis vivos há uma elevada porcentagem de água, enquanto os organismos não vivos possuem baixo teor de água que varia de acordo com a umidade do ambiente (CASTRO *et al.*, 2003).

Corroborando, Batista (2000) afirma que material combustível florestal é todo material orgânico vivo ou morto, no solo ou acima do solo, capaz de entrar em ignição e queimar. Este material é fundamental para que haja a ocorrência de incêndio, visto que faz parte do tetraedro do fogo e, portanto, não há fogo sem material combustível.

Existem vários adjetivos e fatores que ajudam a classificar o material combustível e definir as probabilidades de propagação do incêndio, bem como a quantidade de calor liberada durante a queima. Deve-se levar em consideração a distribuição horizontal e vertical destes materiais (se os materiais estão interligados, facilitando a propagação das chamas), a carga de combustível (a quantidade de material disponível na área), a dimensão (finos, miúdos, médios e grossos), umidade do material (importante para a ignição e desenvolvimento da combustão) e a “combustibilidade” (que caracteriza a facilidade de propagação do incêndio) (CASTRO *et al.*, 2003).

A intensidade, velocidade em que o incêndio avança e, conseqüentemente, a capacidade de destruição estão diretamente atrelados à umidade relativa, temperatura do ar, dias consecutivos sem chuva e velocidade do vento (NUNES; SOARES; BATISTA, 2005). As condições meteorológicas afetam os incêndios florestais em todas as suas fases, desde a sua ignição, passando pela propagação até a sua posterior supressão (VIEGAS *et al.*, 2004). Portanto, a análise de dados climáticos de boa qualidade é fundamental para evitar e/ou reduzir os danos causados pelos incêndios.

A temperatura da região influencia diretamente as condições de ignição e também a velocidade de propagação do incêndio, pois, quanto maior for a temperatura mais seca tende a ficar a vegetação (CASTRO *et al.*, 2003).

A umidade atmosférica interfere na umidade dos combustíveis, pois, existe uma troca de umidade constante entre a atmosfera e o combustível, onde, durante o dia, com temperaturas mais elevadas e ar seco, o material tende a perder umidade para a atmosfera em forma de vapor (que não se condensa), enquanto que durante a noite, com as temperaturas mais amenas, o vapor se condensa (formando o orvalho) que se deposita sobre este material, aumentando assim sua umidade. Desta maneira, a umidade é um fator importante para calcular a probabilidade de ocorrência e, mensurar o grau de dificuldade ao combate de incêndios (CASTRO *et al.*, 2003; BATISTA, 2000).

Por fim, segundo Brown e Davis (1973), o vento determina o comportamento do fogo de diversas maneiras, dentre elas, o vento assessora a combustão aumentando a disponibilidade de oxigênio e, contribui com o alastramento do fogo através do carregamento de materiais em brasa para outros locais, além de destinar as chamas para novos materiais combustíveis que ainda não estão em combustão.

De acordo com Castro (2003) o relevo também afeta a progressão dos incêndios. Assim sendo, dependendo da inclinação do terreno pode-se determinar a velocidade de progressão de um incêndio. Tendo como exemplo uma encosta, quanto maior for o declive (sua inclinação) maior será o efeito do vento (convectivo) sob as vegetações acima do incêndio e, desta forma, aumentará a velocidade de propagação do fogo no sentido ascendente. Portanto, um incêndio em uma encosta se propagará mais rapidamente no sentido ascendente do que descendente.

Dentre as medidas preventivas existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator determinante para elaborar um planejamento mais eficiente,

com adesão de ações mais rápidas e efetivas nas atividades de combate aos incêndios florestais (NUNES; SOARES; BATISTA, 2006). A rapidez e eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais é essencial para obter êxito no controle ao fogo e, conseqüentemente, reduzir custos nas operações de combate e atenuação dos danos (BATISTA, 2004).

Índices de perigo de incêndio, como o próprio nome exprime, são índices que representam antecipadamente a probabilidade de ocorrer um incêndio, tal como a facilidade deste incêndio se propagar, com base em condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES, 1972). Outras utilidades dos índices de perigo de incêndio são o estabelecimento de zonas de risco, o que possibilita diversas ações, como: melhor planejamento, definição da estação de incêndios florestais, permissão para queimadas controladas em períodos menos perigosos, previsão do comportamento do fogo visando técnicas mais efetivas de combate e a advertência pública do grau de perigo (fator importante nos programas de educação ambiental) (NUNES; SOARES; BATISTA, 2005).

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) foi desenvolvida por Soares (1972) e tem sido utilizada com sucesso no estado do Paraná, bem como em outras regiões do país e em alguns países da América do Sul. A FMA é um índice de perigo baseado em variáveis meteorológicas e enfatiza o aspecto da probabilidade de ignição, ou seja, este índice indica qual a possibilidade do início de um incêndio, desde que haja uma fonte de fogo (NUNES *et al.*, 2009).

Como dito anteriormente, os incêndios causam diversos danos ao meio ambiente e também à saúde da população que está localizada em regiões próximas a sua ocorrência. Um dos impactos principais em ocorrências de incêndios florestais é a liberação de grandes níveis de carbono na atmosfera devido a queima da biomassa vegetal. Este carbono liberado, na maioria das vezes, como gás carbônico acaba contribuindo com o efeito estufa (DIAZ *et al.*, 2002).

As plumas de fumo, provenientes dos incêndios florestais, contém em sua composição materiais particulados e gases prejudiciais ao sistema respiratório, de modo a configurar uma ameaça à saúde pública (CISNEROS *et al.*, 2007). Além disso, a fumaça contribui para reduzir as chuvas, formando períodos de estiagem mais longos e intensos, fazendo com que a vegetação se torne um potencial material combustível devido à falta de umidade (CARRERO; ALVES, 2016).

O município de Maringá é intitulado como “Cidade Verde” por possuir uma das maiores concentrações de áreas verdes em seu território, distribuídos pelos mais de 217 hectares de matas nativas e milhares de árvores (PETERNELLI, 2019).

Logo, se faz necessário adotar medidas que visem prevenir incêndios florestais em Maringá, de modo a evitar danos à saúde da população maringaense e também, evitar perda de biodiversidade e prejuízos financeiros ao município.

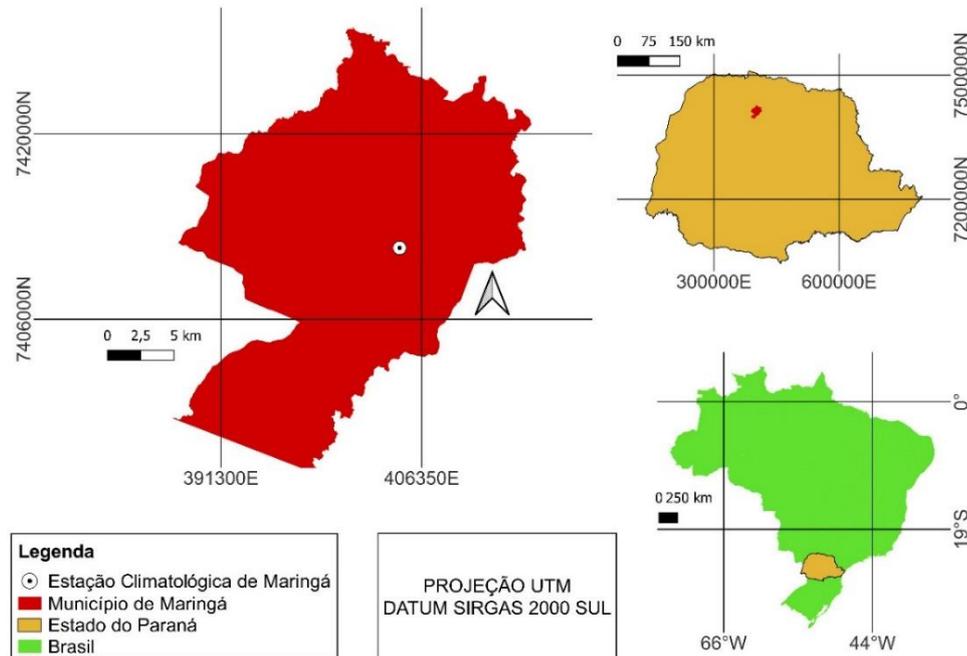
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do meio físico

O município de Maringá está localizado na Mesorregião Norte central do estado do Paraná, na Latitude de 23° 25' Sul e Longitude de 51° 57' Oeste (Figura 2), com altitude média de 584m. O mesmo possui uma extensão territorial de 487,012 km², população estimada de 430.157 mil habitantes e densidade demográfica de 733,14 hab./km², sendo que o município teve um aumento populacional de 22,23% desde o último censo (2010) até o ano de 2021, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021).

O mapa geológico fornecido pela MINEROPAR (2001), indica que a unidade litoestratigráfica predominante no município de Maringá é a Formação Serra Geral, com rochas provenientes de derrames de vulcanismo de fissura continental dando origem, principalmente, a rochas basálticas, características do Grupo São Bento, e da Formação Caiuá, do Grupo Bauru, com arenitos finos a médios, arroxeados. Apresenta ainda estratificação cruzada de grande porte, depósitos de deserto (eólico e aluviais).

Figura 2 - Localização do município de Maringá – PR e da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM)



Fonte: Autoria Própria (2021).

O município conta com 21 áreas verdes que contabilizam 1.869.247,65 m² da área total do município. As 3 maiores áreas verdes do município são APPs (Áreas de Preservação Permanente). São elas, o Parque Florestal dos Pioneiros (Bosque II) que possui 594.400m² de extensão, o Parque do Ingá (Bosque I) que possui 473.300m² e, o Parque da Amizade que conta com 302.500m² de extensão (SEMA, 2021).

Carfan *et al.*, (2005) denota que a característica da vegetação natural de Maringá está relacionada às condições climáticas e relevo, e que campos e matas predominam na região. Entretanto, os autores relatam que, com os avanços da agricultura, a vegetação natural sofreu diversas alterações, transformando-se em matas secundárias, capoeiras e rasteiras. Ainda assim, o município possui elevada arborização em sua área urbana.

De acordo com o Atlas Climático do Estado do Paraná (Nitsche *et al.*, 2019), o município de Maringá se encontra em uma área de transição climática entre o domínio tropical e o subtropical, onde de acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima predominante em Maringá é o Cfa: Clima subtropical úmido mesotérmico, com verão quente com médias de temperatura superiores a 22 °C e o mês mais frio com temperatura inferior a 18° C e chuvas bem distribuídas ao longo

do ano. Silveira (2006) afirma que, dado o fato de Maringá estar localizada em uma zona de transição entre os climas Tropical e Subtropical, é possível observar uma variação acentuada do tempo atmosférico em diversas escalas e também nos pontos de vista térmico e pluviométrico. Corroborando, Carfan *et al.*, (2005) afirmam que o município de Maringá tem as intervenções do “macroclima regional” pois as massas de ar polares, tropicais, atlânticas e as que partem do Equador em direção ao Sul, descaracterizam o clima.

Segundo Montanher e Minaki (2020) a média anual de pluviosidade para Maringá é de 1701,6 mm, sendo janeiro e agosto, respectivamente, o mês mais chuvoso, concentrando 12,9% das chuvas, e mais seco da série, com 3,6% das chuvas; janeiro e junho, os meses mais quente e mais frio, com média mensal de 24,8°C e 18,2°C, respectivamente, estando o mês mais quente 2,5°C acima da média anual e o mês mais frio, 4,1°C abaixo da média para o período.

3.2 Dados utilizados

Para a realização da caracterização do clima de Maringá, foram utilizados os dados diários de precipitação pluviométrica e temperatura do período de 1976 a 2020. Os dados foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), pertencente à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com código 83767 na Organização Meteorológica Mundial (WMO) localizada nas coordenadas 23° 24' 19" S e 51° 55' 58" W e altitude de 545 metros (Figura 2).

Os dados de ocorrência de focos de incêndios foram extraídos a partir de informações dos satélites (TERRA M-T e M-M; AQUA M-T e M-M), disponibilizados no banco de dados de queimadas – BDQUEIMADAS, no site oficial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2021).

3.3 Fórmula de Monte Alegre

Este estudo foi realizado utilizando-se uma série temporal (2007-2020) de dados de precipitação pluvial, na escala diária (mm), e de umidade relativa do ar (%), também na escala diária e registrados às 15h00min pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM)

Foi aplicada a Fórmula de Monte Alegre (FMA) por meio de metodologia proposta por Soares (1972), expressa pela Equação (1) e pela Tabela 1.

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

Sendo:

FMA – Fórmula de Monte Alegre

H = Umidade Relativa do ar (%) medida às 15h00min.

n = Número de dias sem chuva

Tabela 1 - Modificação no cálculo da FMA de acordo com a precipitação

| CHUVA DO DIA (mm) | MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO |
|--------------------------|---|
| ≤2,4 | Nenhuma |
| 2,5 a 4,9 | Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia |
| 5,0 a 9,9 | Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia |
| 10,0 a 12,9 | Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia |
| >12,9 | Interromper o cálculo (FMA=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar |

Fonte: Nunes (2005).

Os valores da FMA foram calculados mensalmente e classificados de acordo com a escala de periculosidade apresentada por Soares, (1972), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Escala que estabelece o grau de periculosidade de incêndios de acordo com os índices da FMA

| Valor da FMA | Grau de Periculosidade |
|---------------|------------------------|
| De 0,0 a 1,0 | Nulo |
| De 1,1 a 3,0 | Pequeno |
| De 3,1 a 8,0 | Médio |
| De 8,1 a 20,0 | Alto |
| Acima de 20 | Muito Alto |

Fonte: SOARES (1972).

O índice de Monte Alegre é acumulativo, ou seja, quanto maior for o período com ausência de precipitação e com baixa umidade relativa, maior será o risco climático de incêndio florestal. O índice sofre abatimentos em seus valores conforme a intensidade das chuvas (DEPPE *et al.*, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o intervalo entre os anos de 2007 e 2020, Maringá apresentou diversas ocorrências de incêndios florestais, totalizando 414 ocorrências, nas mais diversas épocas e estações do ano. Com a utilização da Fórmula de Monte Alegre ficou evidente que os incêndios florestais seguem uma “certa tendência” (Tabela 3), ou seja, apresentam quantidades maiores de ocorrências normalmente quando o grau de periculosidade marcado representa um risco Muito Alto (249 ocorrências), e apresenta a menor quantidade de ocorrências quando o risco é Nulo (5 ocorrências).

Tabela 3 - Total de FMA e focos de incêndio durante o período analisado (2007-2020)

| Perigo | FMA | | Focos de Incêndio | |
|-------------------|------|------|-------------------|--------|
| | N° | % | N° | % |
| Nulo | 638 | 12% | 5 | 1,2% |
| Pequeno | 633 | 12% | 18 | 4,3% |
| Médio | 1081 | 21% | 24 | 5,8% |
| Alto | 1252 | 24% | 118 | 28,5% |
| Muito Alto | 1510 | 30% | 249 | 60,1% |
| Total | 5114 | 100% | 414 | 100,0% |

Fonte: Autoria Própria.

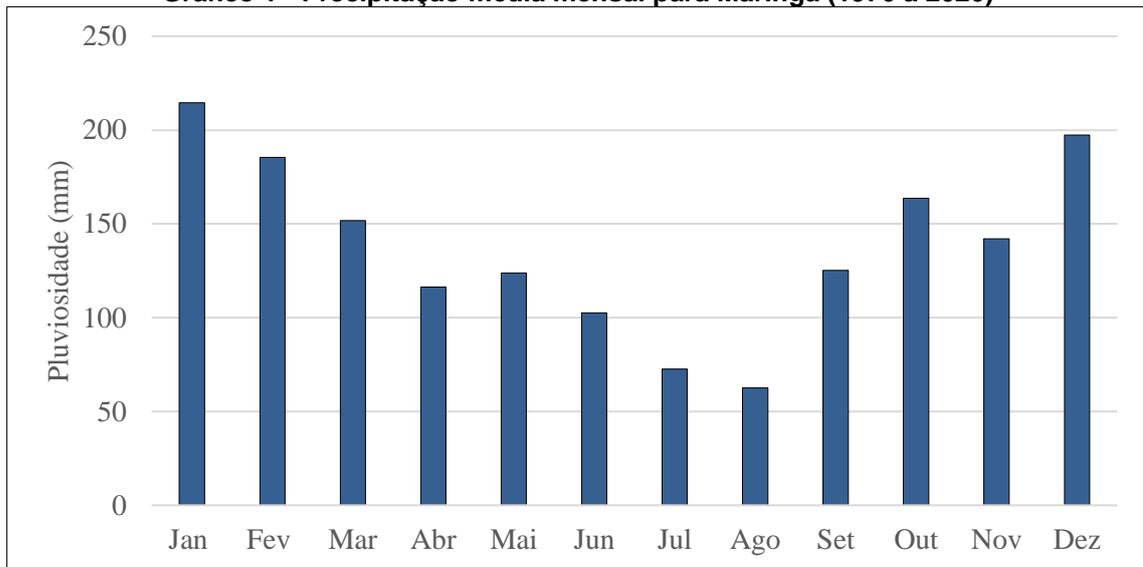
O período de estudos corresponde ao total de 5114 dias, e por meio do cálculo da FMA pode-se notar que Maringá apresentou, maior quantidade de registros de dias com FMA “Alto” e “Muito Alto”, que totalizaram 2762 dias (54% do tempo total), do que dias com FMA “Nulo” e “Pequeno”, que somados correspondem a 1271 dias (24% do tempo total), ou seja, 30% a menos, evidenciando assim, que a população e as autoridades devem estar atentas ao controle de ocorrências.

4.1 Análise dos dados de precipitação para Maringá

A região apresenta períodos climáticos alternantes no decorrer do ano, e durante a série analisada é possível observar com clareza tais intervalos. De acordo com Ayoade (2006), a quantidade de precipitação varia em função do ano, meses e de uma estação para outra, e também pode apresentar diferentes tendências em um determinado período.

Pelo fato de o município de Maringá se encontrar em uma região de transição entre o clima de domínio tropical e subtropical é possível notar a acentuada variação no ponto de vista pluviométrico (NITSCHKE *et al.*, 2019).

O Gráfico 1 denota que o intervalo com mais precipitação média acumulada ocorre de outubro a março, período em que as temperaturas são mais elevadas. Já o intervalo de abril a setembro, referente aos meses mais frios e secos do ano, apresenta menores valores de precipitação. A média mensal de precipitação acumulada para todo o período desta série de anos equivale a 138,2 mm. Torres (2006) relatou em seus estudos sobre a precipitação em Juiz de Fora – MG, entre os anos de 1995 e 2004, um intervalo semelhante ao da cidade de Maringá, onde os meses que ocorreram nível mais elevado de precipitação foram janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro.

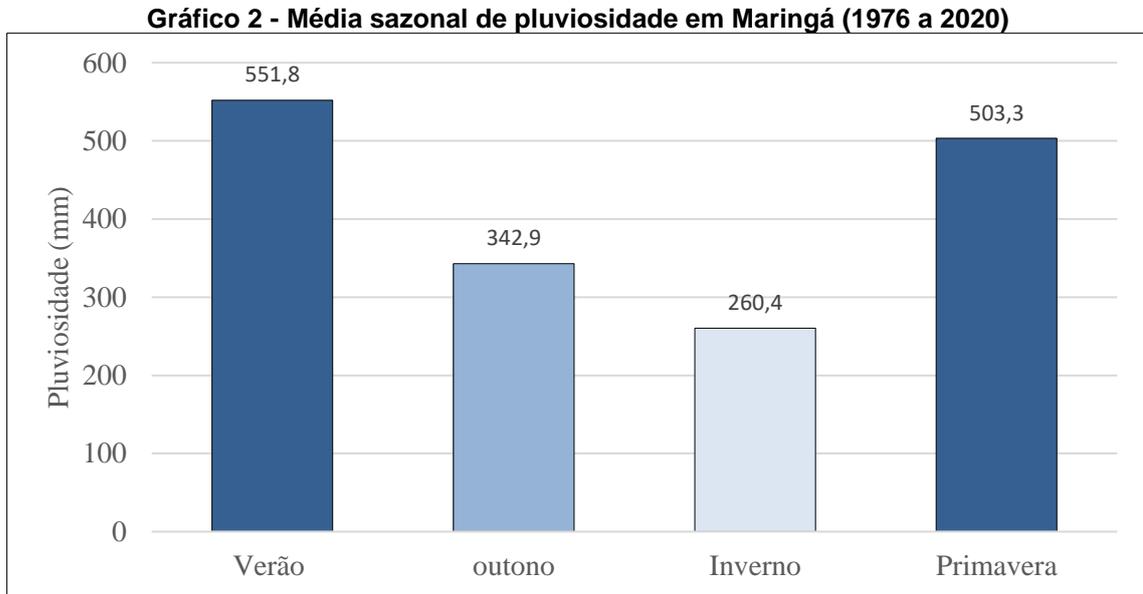
Gráfico 1 - Precipitação média mensal para Maringá (1976 a 2020)

Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Entretanto, White e Ribeiro (2011), apresentaram perspectivas diferentes nos resultados de um estudo realizado, pertinente à análise da precipitação e a influência da precipitação sobre incêndios no Parque Nacional Serra de Itabaiana – SE. Naquela pesquisa, denotaram precipitação média anual de 1289mm durante o intervalo de 1999 a 2008, sendo maio, o mês que obteve a maior média de precipitação durante este período, com média de 211,8mm. Este valor, se comparado à série de dados obtidos de Maringá, equivaleria ao terceiro maior valor de precipitação média mensal, atrás apenas de janeiro (230,8mm) e fevereiro (215,2mm). A precipitação é um elemento meteorológico que varia intensamente no espaço geográfico (ROLDÃO; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

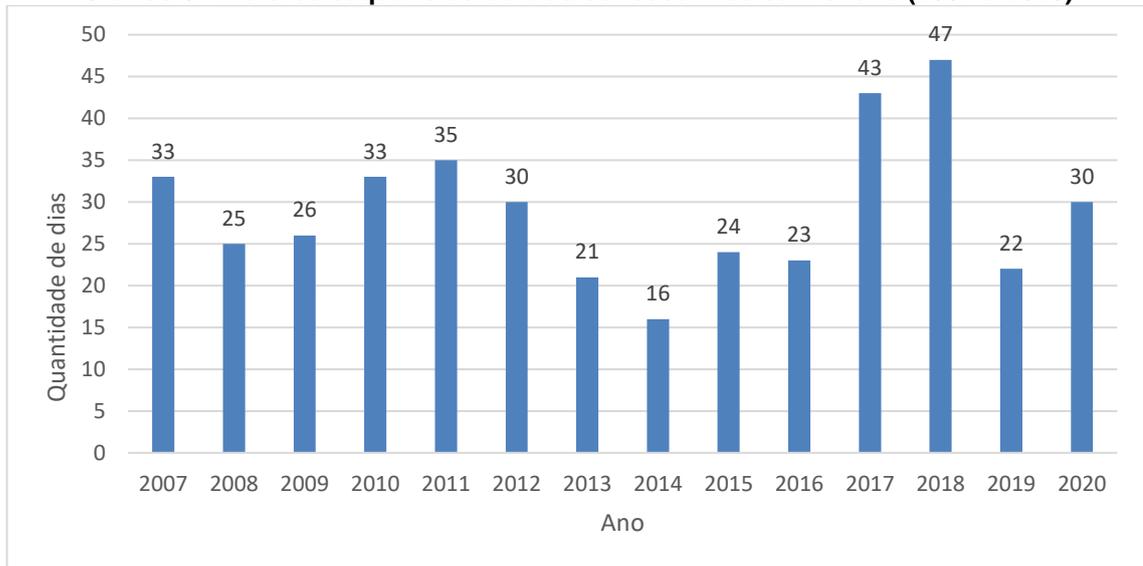
No Gráfico 1 nota-se que a variação pluviométrica está diretamente relacionada a fatores associados às estações do ano, onde, nos meses pertencentes a primavera e verão (de setembro a março) os registros pluviométricos são mais elevados se comparados aos meses do outono e inverno. A partir da análise do Gráfico 1, é possível separar os períodos de precipitações e correlacioná-los por estações, sendo possível observar, no Gráfico 2, que em Maringá durante a primavera e verão, os índices pluviométricos alcançam seus maiores valores, característico de tais estações, com precipitações médias de 503,3 mm e 551,8 mm, respectivamente. Ao longo do outono e do inverno, a média de precipitação apresenta queda, com valores médios de 342,9mm no outono e 260,4 mm no inverno. Corroborando, Salton *et al.*, (2016), ao realizarem um estudo sobre o

comportamento da precipitação sazonal nos municípios paranaenses de Paranaíba, Guarapuava e Morretes obtiveram resultados semelhantes, onde, já que para o município de Paranaíba os maiores valores de precipitação foram encontrados durante as estações da primavera e verão.



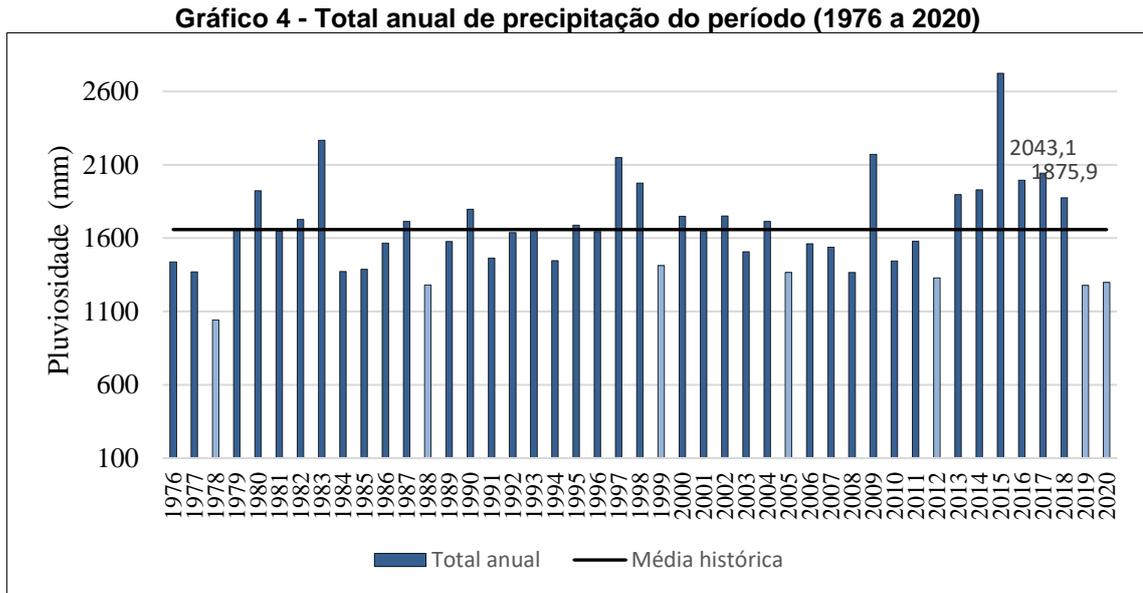
Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Utilizando-se de resultados gerados a partir da série de dados coletados, foi possível elaborar o Gráfico 3, que transmite a informação dos anos detentores da maior sequência de dias consecutivos sem registros de chuvas, fator fundamental na Análise de Riscos de Incêndios.

Gráfico 3 - Maiores seqüências de dias consecutivos sem chuva (2007 a 2020)

Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Os 3 anos que apresentaram maiores valores de dias consecutivos sem chuva são 2018, 2017 e 2011. Dois dos anos que apresentaram maiores seqüências de dias consecutivos sem chuva (2017 e 2018) também figuram entre os anos que apresentaram valores de precipitação total acima da média geral, como é exposto no Gráfico 4. Neste caso, os anos de 2017 e 2018 estão presentes entre os anos com total anual de precipitação superior à média geral do período, pelo fato de apresentarem chuvas concentradas. Em 2017, a somatória da precipitação somente em janeiro, março e outubro totalizou 956,6 mm, ou seja, 46,82% do total para aquele ano. Enquanto, em 2018, a somatória nos meses de janeiro, agosto e outubro foi de 758,3 mm (40,42%).

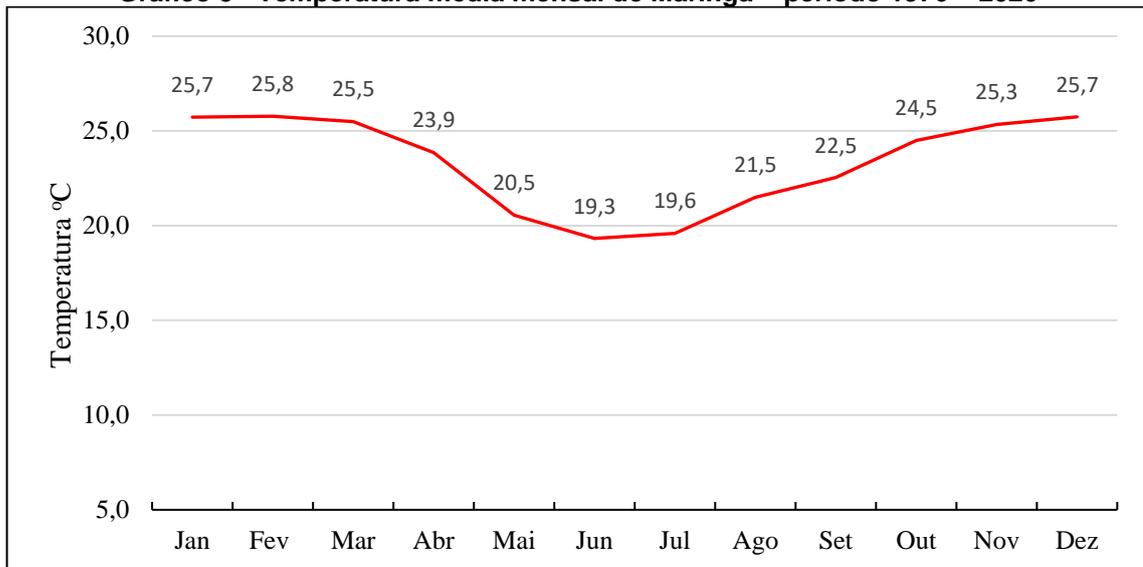


Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

De acordo com os dados coletados, este acontecimento se dá pelo fato de que nestes dois anos em específico, as maiores quantidades de precipitação foram concentradas, principalmente durante os meses pertencentes às estações mais quentes e úmidas. Para se avaliar o efeito da precipitação sobre o potencial do fogo em uma determinada região, é essencial levar em consideração todos os aspectos alusivos à precipitação e não apenas a quantidade de chuva, um destes aspectos é a distribuição estacional destas precipitações que é responsável por indicar o início e término das estações de alto potencial de incêndio (SCHROEDER; BUCK, 1971; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

4.2 Análise de temperatura

Em Maringá, as temperaturas mais elevadas foram registradas no verão e na primavera (Gráfico 5). Conforme prescrito por Torres (2006), a temperatura ambiente elevada, aliada a baixa umidade, influencia no teor de umidade do material combustível, podendo aumentar relevantemente o seu potencial de entrar em ignição.

Gráfico 5 - Temperatura média mensal de Maringá – período 1976 – 2020

Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Observando os valores máximos e mínimos, nota-se que as temperaturas médias mensais em Maringá ao longo o período de 1976 a 2020 oscilam entre 25,8 °C e 19,3 °C.

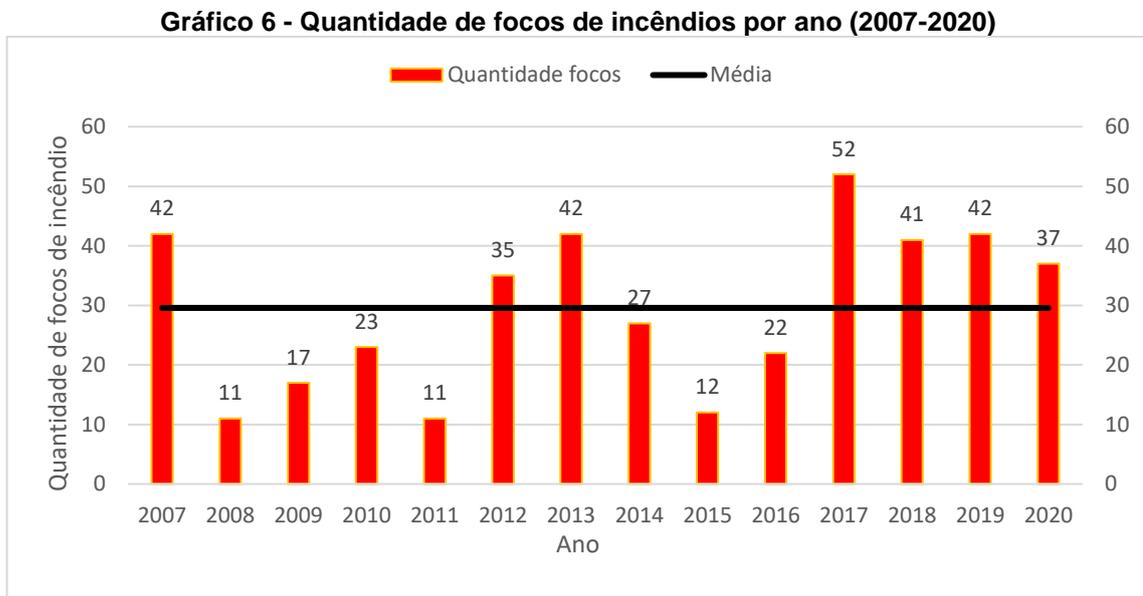
Há uma clara sazonalidade no regime termométrico, com as temperaturas mais elevadas ocorrendo no início e final do ano e as mais baixas sendo registradas durante o meio do ano. Se na primavera e verão as temperaturas colaboram para o aumento do risco de incêndios florestais por serem mais altas, como visto anteriormente, pode haver também mais dias com chuvas, o que pode ser um fator amenizador do risco. Enquanto isso, no outono e inverno as temperaturas diminuem, mas, os dias com chuvas também tendem a reduzir, contribuindo para índices de umidade muitas vezes baixos e, a junção destes dois elementos – escassez de chuvas e umidade baixa – pode ser também um fator preponderante no aumento do risco de incêndios.

Eventos de frio mais intenso, comuns na região de Maringá, podem ainda agravar a situação, principalmente quando há registros de geadas, visto que esse fenômeno provoca a morte e secamento das plantas, que se transformam em material altamente combustível.

Corroborando, Torres (2006) retrata que a baixa umidade relativa do ar associada às altas temperaturas favorece a secagem da vegetação, aumentando sua combustibilidade.

4.3 Ocorrências e identificação dos períodos críticos de incêndios

Enquanto a análise dos dados de precipitação se baseou no período de 1976 a 2020, para a análise dos períodos de maior criticidade para o risco de incêndios florestais foi considerado o período 2007 a 2020. A partir da análise do risco de incêndios florestais, observa-se que sete anos apresentaram valores acima da média para a série de anos analisada (Gráfico 6), e que, com o passar dos anos a quantidade de focos de incêndios aumentou consideravelmente, tendo em vista que quatro dos últimos cinco anos apresentaram quantidades de focos de incêndios florestais acima da média.



Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Dentre os anos, aquele com mais ocorrência de incêndio foi o ano de 2017, com 52 focos. Outros três anos apresentaram valores idênticos de focos entre si, com o total de 42 focos, sendo eles 2007, 2013 e 2019, e complementando a série dos anos com maiores quantidades de focos está o ano de 2018, com 41 focos.

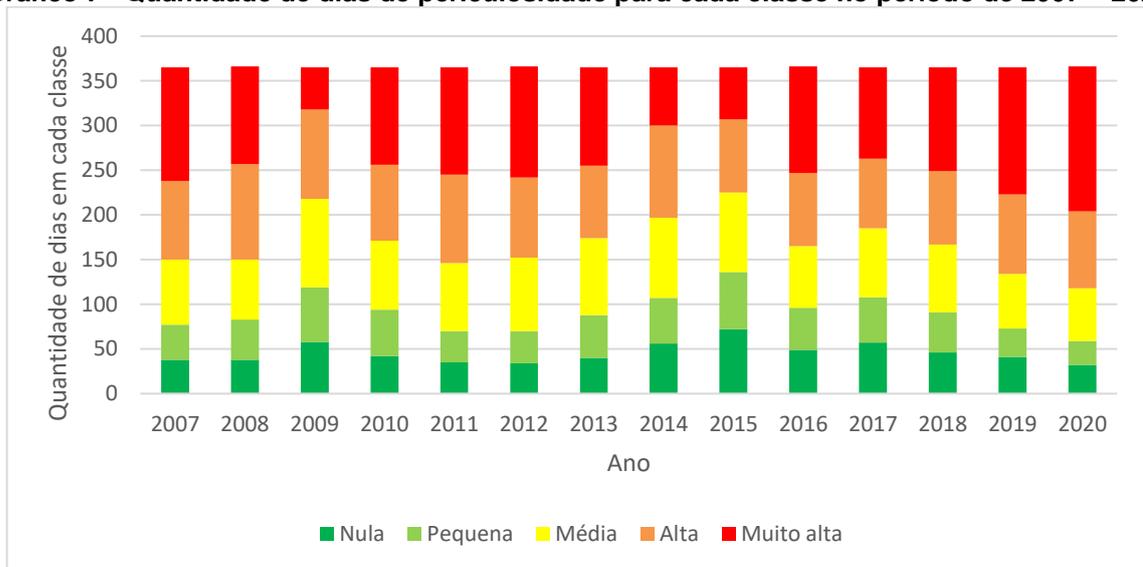
A partir disto, é possível relacionar os resultados presentes no Gráfico 6 com aqueles denotados no Gráfico 3, e compreender a importância de analisar os períodos mais longos de estiagem, pois dentre os cinco anos que apresentam maiores quantidades de focos de incêndio, três deles também apresentaram maiores sequências de dias sem chuva, 2007, 2017 e 2018. Corroborando com esta informação, Soares (1985) afirma que a ocorrência de incêndios florestais está

sempre atrelada a períodos sem precipitação, existindo uma forte correlação entre grandes incêndios e períodos prolongados de seca.

Além dos resultados evidenciados, também é possível verificar no Gráfico 6 os anos com menores números de ocorrências de incêndios florestais, sendo os casos 2008 e 2011 (com 11 focos cada), 2015, 2009 e 2016, com 12, 17 e 22 focos, respectivamente. Três destes anos supracitados figuram entre os 5 anos com maiores índices de precipitação acumulada, conforme informado no Gráfico 4, e são eles: 2009, 2015 e 2016. O ano de 2015 foi o que apresentou a maior precipitação acumulada em relação aos outros anos da série analisada, estando as chuvas deste ano associadas a atuação de um evento de El Niño bastante prolongado e muito intenso, que teve início em outubro de 2014 e se encerrou em abril de 2016, alcançando anomalias de aquecimento das águas do oceano Pacífico central de até 2,6 °C em novembro e dezembro de 2015.

Em outro estudo, Torres (2006) analisou ocorrências de incêndios florestais no município de Juiz de Fora – MG, durante o intervalo de 1995-2004. O autor obteve valores bastante elevados se comparados aos dados presentes neste trabalho, com um total de 3.118 ocorrências e, além disso, 2001 foi o ano com maior quantidade de ocorrências totalizando 436 focos. O município de Maringá, ao longo da série de 14 anos (2007 a 2020), apresentou menor quantidade de ocorrências de incêndios florestais do que Juiz de Fora em apenas um ano (2001).

Através da utilização da Fórmula de Monte Alegre (SOARES, 1972), que determina o grau de periculosidade entre Nulo, Pequeno, Médio, Alto e Muito Alto, pôde-se identificar os períodos mais cruciais para a ocorrência de incêndios florestais. Então, foi possível gerar o Gráfico 7 que apresenta os resultados da FMA ano a ano. Em um contexto geral, como dito anteriormente, a maior parcela dos dias apresentou resultados críticos para a FMA, dias classificados entre os riscos Alto e Muito Alto, ou seja, com $FMA > 8$.

Gráfico 7 - Quantidade de dias de periculosidade para cada classe no período de 2007 – 2020

Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

A diferença entre a quantidade de dias com FMA com riscos Nulo e Muito Alto é significativa, tendo em vista que “apenas” 638 dias apresentaram risco Nulo e 1510 dias apresentaram risco Muito Alto, ou seja, mais que o dobro de dias com elevado risco de ocorrências de incêndio.

A relação mensal entre a FMA e a quantidade de vezes que ocorreram as classes de periculosidade e a distribuição mensal de focos de incêndios florestais registrados para todos os anos da série analisada é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado da Fórmula de Monte Alegre (FMA), com classes de periculosidade e distribuição mensal dos focos de incêndio registrados no município de Maringá –PR para os anos de 2007 a 2020

| Mês | Nula | Pequena | Média | Alta | Muito alta | Focos | % |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| Janeiro | 79 | 105 | 151 | 85 | 14 | 16 | 3,9% |
| Fevereiro | 82 | 67 | 120 | 97 | 30 | 10 | 2,4% |
| Março | 68 | 63 | 126 | 128 | 49 | 21 | 5,1% |
| Abril | 37 | 41 | 109 | 118 | 115 | 29 | 7,0% |
| Maio | 38 | 45 | 77 | 127 | 147 | 30 | 7,2% |
| Junho | 36 | 46 | 70 | 129 | 139 | 17 | 4,1% |
| Julho | 32 | 35 | 53 | 86 | 228 | 86 | 20,8% |
| Agosto | 30 | 25 | 32 | 65 | 282 | 73 | 17,6% |
| Setembro | 36 | 26 | 44 | 73 | 241 | 72 | 17,4% |
| Outubro | 62 | 56 | 86 | 117 | 113 | 26 | 6,3% |
| Novembro | 59 | 48 | 98 | 127 | 88 | 24 | 5,8% |
| Dezembro | 79 | 76 | 115 | 100 | 64 | 10 | 2,4% |
| Total | 638 | 633 | 1081 | 1252 | 1510 | 414 | 100,0% |
| Índices % | 12,8% | 12,8% | 21,6% | 23,2% | 29,5% | X | 100,0% |

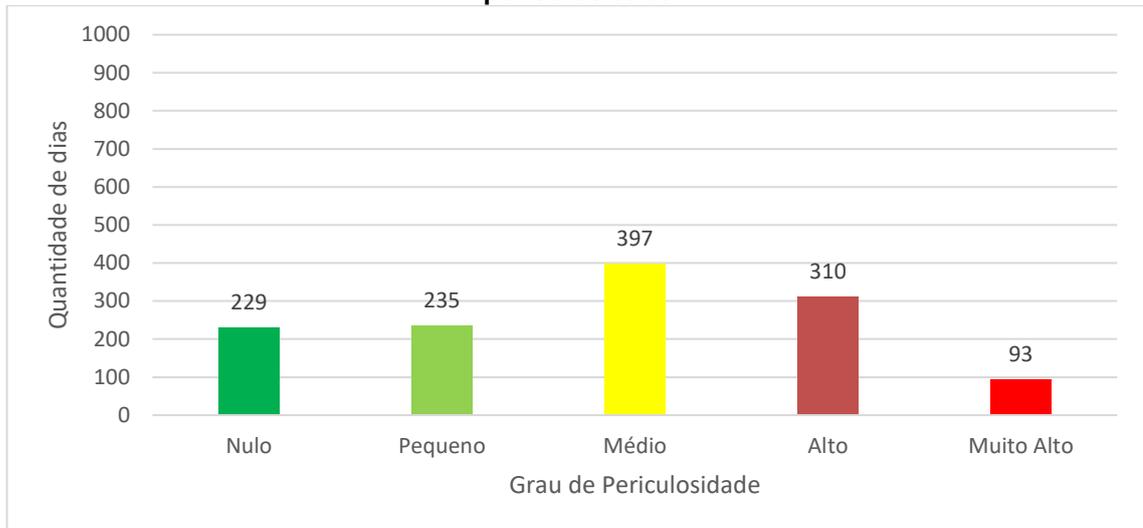
Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

É possível notar que a maior parte dos focos de incêndio constatados ocorreram entre julho e setembro, retratando um total de 55,8% do total dos incêndios (Tabela 4), período que, coincide com o auge do período mais seco e cessa, ou diminui, com o início do período chuvoso, na primavera. Além disso, os mesmos meses apresentaram maior quantidade de dias com a classe de periculosidade Muito Alta, um total de 751 dias, representando 49,73% da quantidade de dias com a referida classificação. Deppe *et al.*, (2004), encontrou maiores percentuais de focos de incêndios nos meses de agosto, setembro e outubro, em estudo realizado em todo o estado do Paraná. Torres (2008), em estudo realizado na cidade de Juiz de Fora – MG e, Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), ao realizar um estudo sobre a ocorrência de incêndios para a área da Chapada dos Veadeiros – GO, também obtiveram resultados semelhantes, com a maior parte dos focos de incêndios ocorrendo durante o período entre julho e setembro.

Em Maringá, dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentaram números elevados de dias com a classificação entre Nula, Pequena e Média. Destes, janeiro foi, o mês que teve a maior quantidade de dias com condições desfavoráveis para a ocorrência de incêndios, com o total de 335 dias. Isto acontece por janeiro fazer parte da estação do verão, caracterizada por grande volume de precipitação, muitas vezes do tipo torrencial. Estes mesmos meses já haviam indicado maiores volumes de precipitação média quando da análise do Gráfico 1.

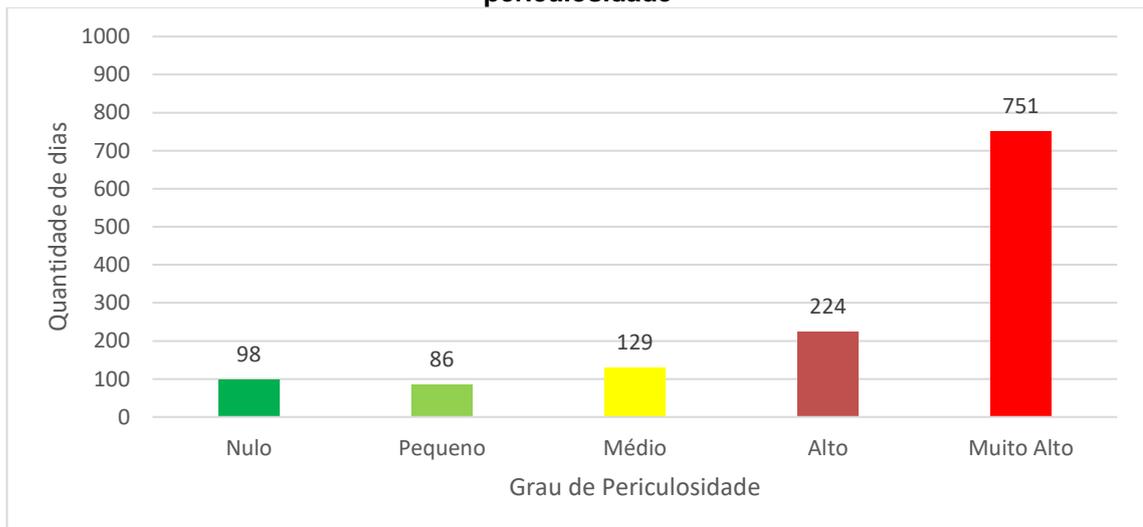
A estação do ano que é menos favorável à ocorrência de incêndios para Maringá, é o verão (de dezembro a março), conforme é apresentado no Gráfico 8, pois apesar de durante a estação o município apresentar temperaturas elevadas, o grande volume de pluviosidade é determinante para estabelecer que os dias pertencentes a dezembro, janeiro, fevereiro e março não sejam propícios à ignição. Ao mesmo tempo em que o verão não possui condições favoráveis, o inverso acontece no inverno, como pode ser observado no Gráfico 9, período em que o município fica mais vulnerável às ocorrências.

Gráfico 8 - Quantidade de dias representantes do verão e seus respectivos graus de periculosidade



Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Gráfico 9 - Quantidade de dias representantes do inverno e seus respectivos graus de periculosidade

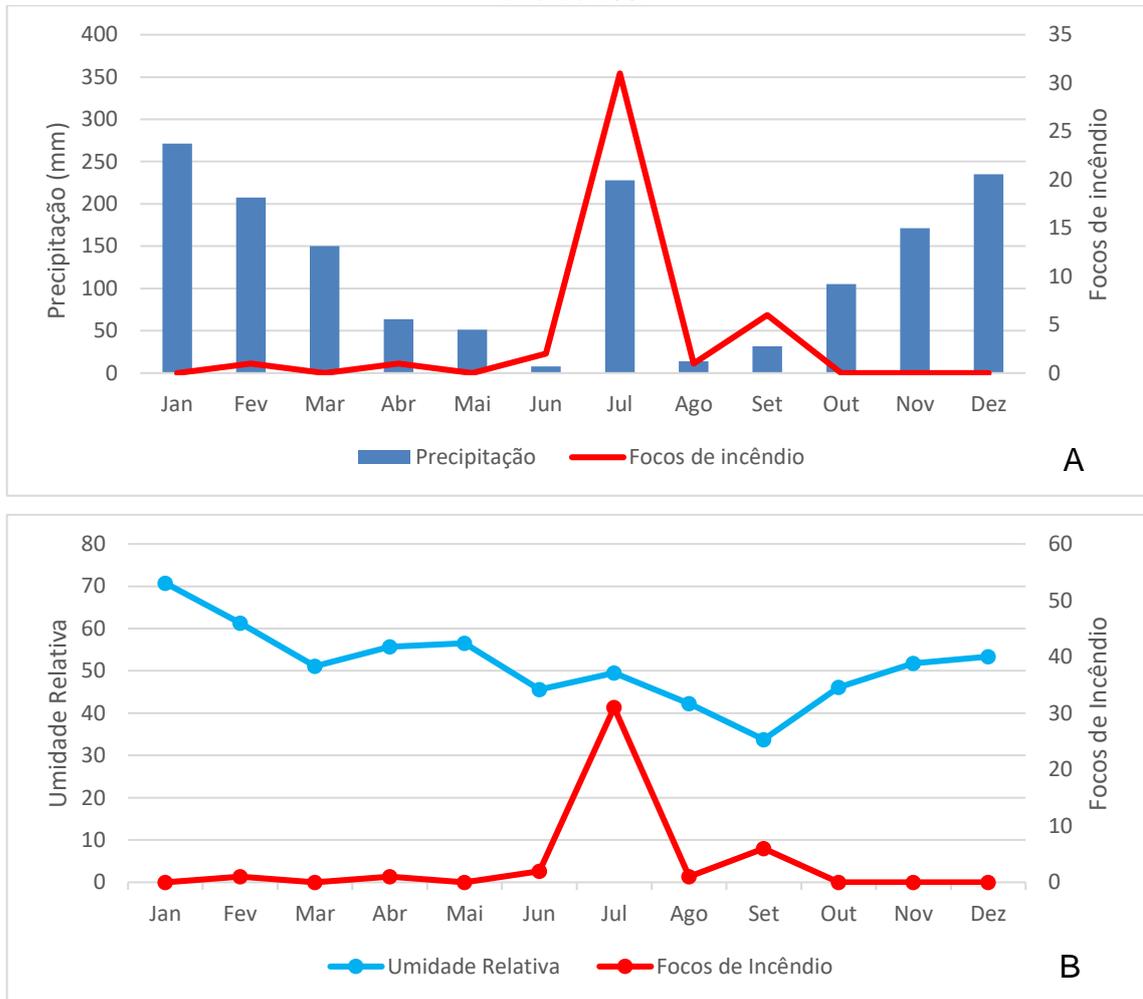


Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Convém a população e as autoridades identificar a realidade destas estações do ano e criar medidas para evitar que grandes incêndios ocorram, minimizando os riscos à população.

Analisando a relação entre umidade e a quantidade de ocorrência de incêndios para os anos com maior quantidade de focos, ou seja, 2007, 2013, 2017 e 2019 foi possível gerar os Gráficos 10, 11, 12 e 13.

Gráfico 10 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2007



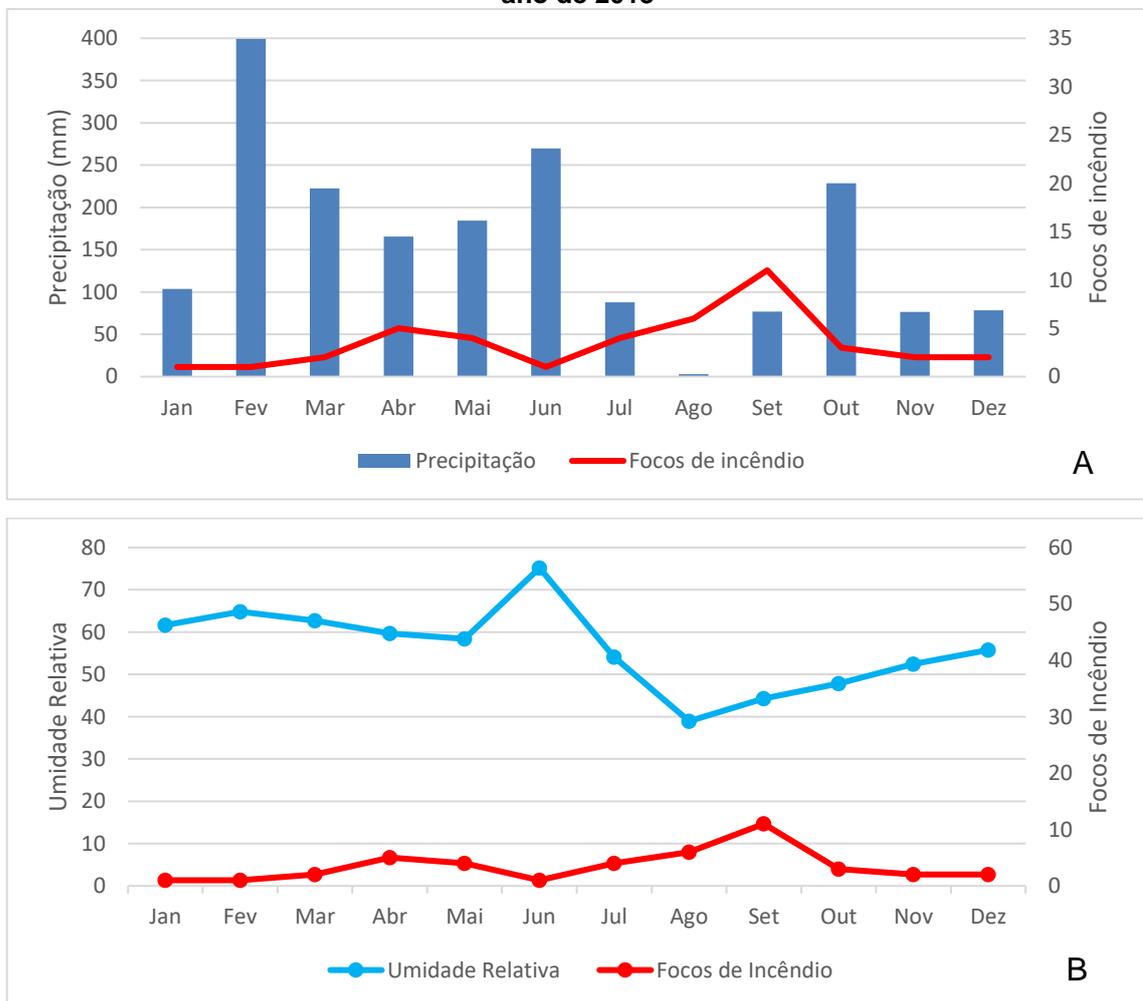
Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Para o ano de 2007, o mês com menor valor de umidade relativa não corresponde ao mês com maior quantidade de foco, além disso, o mês de julho de 2007 foi um dos meses que apresentou maior volume de precipitação acumulada para aquele ano, e este acontecimento (grande quantidade de focos) sugere que os incêndios registrados não tiveram início por causas naturais, ou, que a maior parte dos focos de incêndios aconteceram em grande parte em um período curto de tempo, com muitos focos em um mesmo dia. Nota-se que os meses que antecederam o mês de julho, foram meses com pouco volume de pluviosidade, este fator influenciou na elevada quantidade de focos de incêndios.

Em 2013, no Gráfico 11 é retratada que a umidade está atrelada ao volume de precipitação, porém, as ocorrências de incêndios florestais estão ligadas a outros fatores também, como no caso em que o mês de agosto possui o menor índice de

umidade relativa e precipitação, mas não registrou a maior quantidade de focos. Nota-se que como resultado da baixa pluviosidade no mês de agosto, o mês subsequente registrou a maior quantidade de focos de incêndios florestais, sendo a maior parte na primeira metade do mês. É importante ressaltar também, que para o mês de junho, a relação entre umidade e focos em 2013 foi inversa, logo, quanto maior a umidade, menor a quantidade de focos. Resultado mais comum, se comparado a outros estudos.

Gráfico 11 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2013

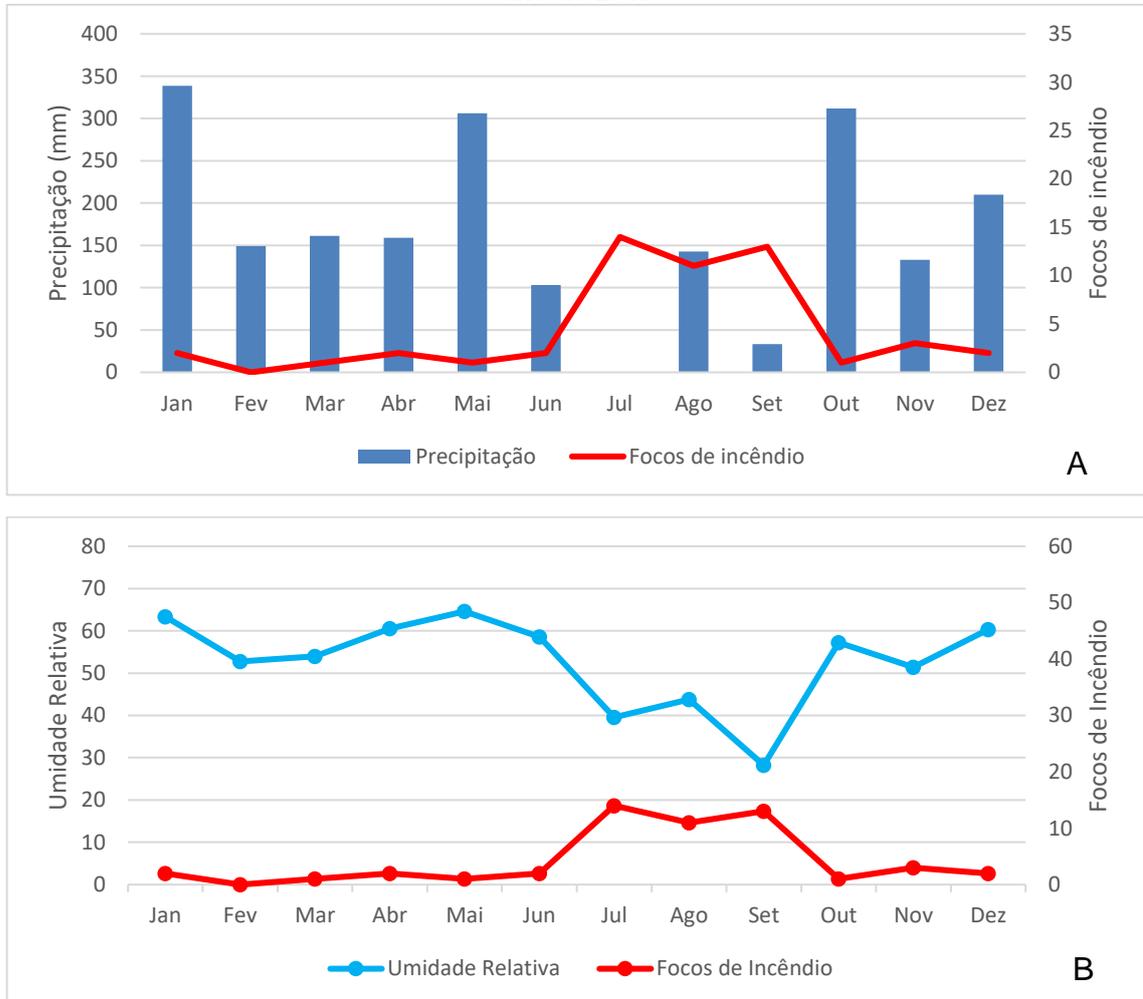


Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

A relação entre umidade e focos de incêndio aparenta ser inversamente proporcional, algo que é notado nos Gráficos 12 e 13. No ano de 2017, ano com maior número de registros de incêndios, o mês de julho apresentou maior quantidade de focos de incêndios, mas não registrou a menor média de umidade

relativa do ano, algo conflitante, pois o mesmo também não apresentou valores relevantes de precipitação acumulada.

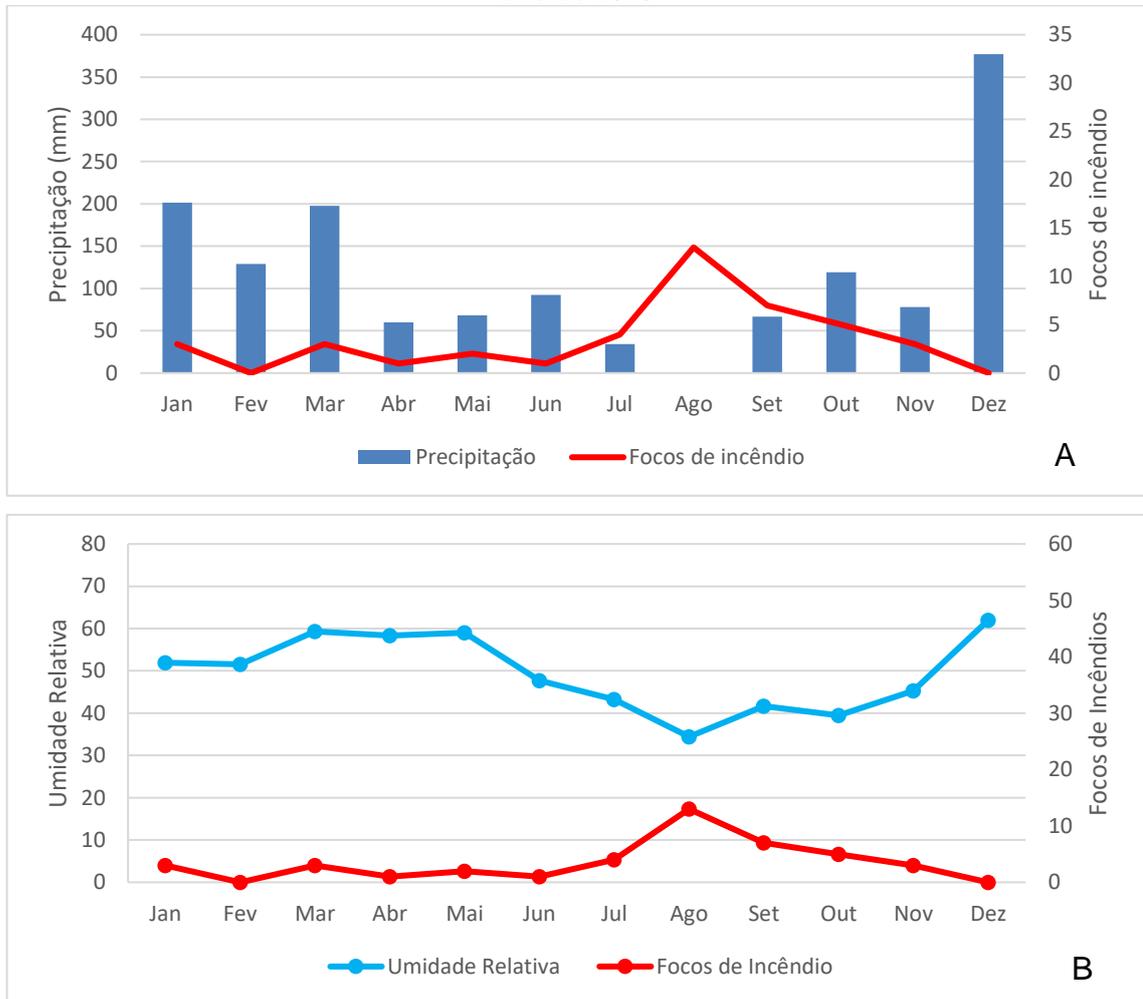
Gráfico 12 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2017



Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Em 2017, julho e setembro apresentaram grande pico para os valores de focos de incêndios (Gráfico 12), algo que não se repetiu nos outros anos comparados, sendo assim, é possível afirmar que o ano de 2017 foi um ano bastante crítico para a população quando o assunto é ocorrência de incêndio. O prolongamento do período crítico esteve associado ao baixo acumulado de chuva em setembro, visto que esse é um mês que já apresenta índices bem mais altos de radiação solar, influenciando no aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar.

Gráfico 13 - Relação entre precipitação (A) e umidade relativa (B) com focos de incêndio no ano de 2019



Fonte: Dados da ECPM/INMET (2021).

Para o ano de 2019 o cenário se altera, e todas as informações a respeito das variáveis convergem, apresentando assim condições favoráveis para ocorrência de incêndios florestais no mês de agosto, resultado mais fidedigno se comparado aos outros anos que obtiveram maior quantidade de focos de incêndios (2007, 2013 e 2017). Ou seja, o mês de agosto de 2019 apresenta a menor umidade relativa se comparada ao resto do ano e menor precipitação acumulada, resultando em uma maior quantidade de focos.

5 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados auferidos na realização deste trabalho pode-se concluir que os meses identificados com menor pluviosidade durante a sequência de anos estudada (1976 a 2020) em Maringá foram abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Os meses com maior pluviosidade foram janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro.

Os meses mais secos, em grande parte representam o período de outono-inverno, onde, pelas características destas estações, na região de Maringá os meses são mais secos, representando maior risco para a ocorrência dos incêndios florestais. Os meses de primavera-verão são naturalmente chuvosos e com alta umidade, apresentando em grande parte dos seus dias classificação de risco de incêndio “nulo” e “pequeno”.

Durante a série de 2007 a 2020, foram constatadas 414 ocorrências de incêndios, sendo 54% em dias diagnosticados na classe de perigo Alto e Muito Alto, evidenciando a eficácia do índice utilizado (Fórmula de Monte Alegre – FMA).

Sete anos apresentaram quantidades de ocorrências florestais acima da média geral e sete com valores abaixo, dentre eles, cita-se o ano de 2018, que está presente entre os 5 anos com mais focos e foi o que apresentou a maior sequência de dias seguidos sem registro de precipitação.

Existem diversas variáveis que influenciam no acontecimento de um foco de incêndio. Logo, não se trata de uma ciência exata em que se não chover haverá incêndio, mas, existe sim, maiores probabilidades de isso ocorrer, como é expresso na FMA que detém grande assertividade. Porém, existem também fatores que podem influenciar (in)diretamente na ocorrência ou não de um incêndio florestal, como por exemplo, ações antrópicas, umidade do solo, umidade do ar, tipo de vegetação, relevo e etc.

Referências

- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**. 11. ed. 332 p. 2006.
- BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. Curitiba: **Floresta**, v.30, n.1/2, p.45-54, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v30i12.2328>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2328/1946>. Acesso em: 10 de julho de 2021.
- BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. Curitiba: **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v34i2.2402>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2402/2010>. Acesso em: 12 de julho de 2021.
- BATISTA, C. J. A. Manual de prevenção e combate a incêndios. **Editora Senac**. 16^a ed. São Paulo. 2019. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EltCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=BATISTA,+Camillo+Junior+Abel.+Manual+de+preven%C3%A7%C3%A3o+e+combate+a+inc%C3%AAndios.+Editora+Senac+S%C3%A3o+Paulo,+2019.&ots=zXFfVS5I9z&sig=K9-iBFc33ZDEUo24TexZDvFeor4#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10 de março de 2022.
- BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. 2. ed. New York. McGraw-Hill. 1973.
- CARFAN, A. C. et al. DIAGNÓSTICO DO CLIMA URBANO DE MARINGÁ-PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**. Universidade de São Paulo. 2005. Disponível em: <http://geografiapesquisa.ourinhos.unesp.br/Home/Pesquisa/GruposdeEstudo/Clima/047.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.
- CARRERO, G. C.; ALVES, C. S. Queimadas e *incêndios* na Amazônia: impactos ambientais e socioeconômicos, prevenção e combate. *In: ALMEIDA, M. C. S.; MAY, P. H. Gestão e governança local para a Amazônia sustentável: Notas Técnicas-2*. Rio de Janeiro-RJ, p. 157-165. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Cardoso-Carrero/publication/322722343_Queimadas_e_incendios_na_Amazonia_impactos_ambientais_e_socioeconomicos_prevencao_e_combate/links/5a6b493d458515b2d0555b49/Queimadas-e-incendios-na-Amazonia-impactos-ambientais-e-socioeconomicos-prevencao-e-combate.pdf. Acesso em: 20 de março de 2022.
- CISNEROS, R.; BYTNEROWICZ, A.; QUAYLE, B.; PROCTER, T. Detecting smoke plumes and analyzing smoke impacts using remote sensing and GIS for the McNally fire incident. **Red**, v. 459, p. 479, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Cisneros-4/publication/237416205_Detecting_Smoke_Plumes_and_Analyzing_Smoke_Impacts_Using_Remote_Sensing_and_GIS_for_the_McNally_Fire_Incident/links/54476aaf0

cf2f14fb811ee00/Detecting-Smoke-Plumes-and-Analyzing-Smoke-Impacts-Using-Remote-Sensing-and-GIS-for-the-McNally-Fire-Incident.pdf. Acesso em: 15 de março de 2022.

SILVEIRA, L. M. Os sistemas atmosféricos e a variação do tempo em Maringá, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 28, n. 1, p. 79-84, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3032/303226515012.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

DE CASTRO, C. F.; GOUVEIA, S.; PAROLA, J.; REIS, J.; LOURENÇO, L.; CORREIA, S. Combate a incêndios florestais. **Escola Nacional de Bombeiros**, v. 13, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Lourenco/publication/267950284_Combate_a_incendios_florestais/links/561b983508ae044edbb36e2e/Combate-a-incendios-florestais.pdf. Acesso em: 10 de março de 2022.

DEPPE, F.; DE PAULA, E. V.; MENEGHETTE, C. R.; VOSGERAU, J. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. Curitiba: **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v34i2.2382>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2382/1991>. Acesso em: 20 de março de 2022.

DE SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos do município de Maringá–PR por meio de análises físicas e geotécnicas. **Boletim de Geografia**, v. 28, n. 2, p. 5-16, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v28i2.10386>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/10386/6452>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

DIAZ, M. C. V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M. J. C.; DA MOTTA, R. S.; ALENCAR, A.; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. O preço oculto do fogo na Amazônia: Os custos econômicos associados as queimadas e incêndios florestais. Belém: **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 2002.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 153-161, 2006. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981896>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/mGDK7vXCFFx3jHqFB8MNTZQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

GUERRA, A. M.; COELHO, J. A.; LEITÃO, R. E. Fenomenologia da combustão e extintores. **Manual de Formação Inicial do Bombeiro**, v. 7, 104 p. 2003. Disponível em: <https://enb.pt/admin/docs/repositorio/Fenomenologia%20da%20Combust%C3%A3o%20e%20Extintores.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/maringa.html>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fondo de Cultura Econômica**. 1. ed. México. 1948. Disponível em: https://issuu.com/lucaspestanda/docs/koeppen_climatologia. Acesso em: 16 jul. 2021.

MARQUES, A. J.; BARROS, M. V. F. **Quantificação das Áreas Verdes Urbana do Município de Maringá, PR**. VII Congresso Brasileiros de Geógrafos. 2014.

MEDEIROS, M. B. Manejo de Fogo em Unidades de Conservação do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 10, Brasília: Jardim Botânico de Brasília, 197 p. 2002. Disponível em: <http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/Boletim/issue/view/35>. Acesso em: 18 de julho de 2021.

MEDEIROS, M. B; FIEDLER, N. C. Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade 1. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 14, p. 157-168, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981815>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1815/1079>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Minerais do Paraná. Curitiba. 2001.125p. CD ROM.

MONTANHER, O. C; MINAKI, C. Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p. 138-153, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.164209>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/164209/162106>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

NITSCHKE, P. R; CARAMORI, P. H; RICCE, W. S; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 18 de julho de 2021.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. 2005. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil. Curitiba: **Floresta**. v. 36, n. 1, p. 75-91. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v36i1.5509>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5509>. Acesso em: 17 de julho de 2021.

NUNES, J. R. S; SOARES, R. V; BATISTA, A. C. FMA+-Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. Curitiba: **Floresta**, v. 36, n. 1, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v36i1.5509>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5509/4039>. Acesso em: 17 de julho de 2021.

NUNES, J. R. S; SOARES, R. V; BATISTA, A. C. Análise da fórmula de monte alegre alterada (FMA+) para o estado do Paraná. Curitiba: **Floresta**, v. 39, n. 3, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v39i3.15348>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/15348/10307>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

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. Curitiba: **Floresta**, v. 40, n. 2, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v40i2.17827>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/17827/11629>. Acesso em: 22 de julho de 2021.

PETERNELLI, A. L. P. Áreas verdes, parque urbanos e como ambos podem mudar o cenário do novo centro de Maringá. 50f. **UNICESUMAR**. 2019. Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Unicesumar - Centro Universitário de Maringá, 2019. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/5202>. Acesso em: 27 de março de 2022.

PYNE, S. J. Wildland fire: fire management in the United States. **New York: Wiley & Sons**, 769p. 1984.

RIBEIRO, G. A; LIMA, G. S; OLIVEIRA, A. L. S; CAMARGOS, V. L; MAGALHÃES, M. U. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, v. 30, p. 1025-1031, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000600018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/MpxbZRkkHRMWNtspG46gWn/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

RIBEIRO, L; KOPROSKI, L. P; STOLLE, L; LINGNAU, C; SOARES, R. V; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). Curitiba: **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v38i3.12430>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/12430/8546>. Acesso em: 12 de março de 2022.

ROLDÃO, A. F.; SANTOS, J. G; OLIVEIRA, L. A. Correlação entre as variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais–MG. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 515–525-515–525, 2012.

SALTON, F. G. et al. Climatologia dos episódios de precipitação em três localidades no estado do Paraná. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 31, p. 626-638, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150108>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/4jsRMt9fWRP6ZbJ9d9zxMkF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. Fire weather: A guide for application of meteorological information for forest fire control operations. Washington: **US. Forest Service**, 229 p. (Agriculture Handbook, 360).1970.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE MARINGÁ. SEMA. **Relação das Unidades de Conservação e Áreas de Proteção Permanente do Município de Maringá, Paraná**. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/meioambiente/?cod=areas-verdes/3>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para região centro-paranaense, Brasil**. 1972b. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, Turrialba-CR, 1972. Disponível em: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1136>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 87-99, 1998. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pOwzS0kIUq0J:cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/download/602/512/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

SOARES, R. V. Incêndios florestais: controle e uso do fogo. Curitiba: **FUPEF**, 213p. 1985.

SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. Curitiba: **Floresta**, v. 3, n. 3, p.19-40, 1972a. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v3i3>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/5732/4172>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

SOARES, R. V; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Curitiba: **Floresta**, v. 32, n. 2, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v32i2.2287>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2287/1910>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

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

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. **FLORAM**, v. 15, n. 2, p. 24-34, 2008. Disponível em: floram.periodikos.com.br/article/588e221ae710ab87018b465c/pdf/floram-15-2-24.pdf. Acesso em: 10 de março de 2022.

VIEGAS, D. X; REIS, R. M; CRUZ, M. G; VIEGAS, M. T. Calibração do sistema canadiano de perigo de incêndio para aplicação em Portugal. **Silva Lusitana**, v. 12, n. 1, p. 77-93, 2004. Disponível em: http://www.marioloureiro.net/ciencia/clima/Calibra_SistemaCanadianoPerigoIncPortugal.pdf. Acesso em: 22 de julho de 2021.

WHITE, B. L. A.; DE SOUZA RIBEIRO, A. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011. DOI:10.4136/ambi-agua.180. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92817183012.pdf>. Acesso em: 13 de julho de 2021.