

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA*  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Jackson Paulo Silva Souza

**ANÁLISE ESPACIAL PARA GERAÇÃO DE MODELOS DE RISCOS A INCÊNDIOS  
FLORESTAIS UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA**

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2022

JACKSON PAULO SILVA SOUZA

**ANÁLISE ESPACIAL PARA GERAÇÃO DE MODELOS DE RISCOS A INCÊNDIOS  
FLORESTAIS UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus São João Evangelista*, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Gildriano Soares de Oliveira

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

---

S729a Souza, Jackson Paulo Silva.

Análise espacial para geração de modelos de riscos a incêndios florestais utilizando sensoriamento remoto em microbacia hidrográfica. / Jackson Paulo Silva Souza. – 2022.

15f.: il.

Orientador: Me. Gildriano Soares de Oliveira.

Coorientadora: Dra. Mayara Maria de Lima Pessoa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2022.

1. Geotecnologias. 2. Educação ambiental. 3. Desmatamento.  
I. Souza, Jackson Paulo Silva. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* São João Evangelista. III. Título.

CDD 634.9618

---

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

---

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA.  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JACKSON PAULO SILVA SOUZA

ANÁLISE ESPACIAL PARA GERAÇÃO DE MODELOS DE RISCOS A INCÊNDIOS  
FLORESTAIS UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do  
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São  
João Evangelista para obtenção do grau de  
bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Me. Gildriano Soares de Oliveira

Aprovado em 14/07/2022 pela banca examinadora:

GILDRIANO SOARES DE  
OLIVEIRA:06763099681

Assinado digitalmente por GILDRIANO SOARES DE  
OLIVEIRA:06763099681  
DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=AC SOLUTI Multipla v5,  
OU=1448317900190, OU=Presencial, OU=Certificado PF  
A3, CN=GILDRIANO SOARES DE OLIVEIRA:06763099681  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: Pradópolis, SP  
Data: 2022-11-22 10:37:54

---

Prof. Me. Gildriano Soares de Oliveira – IFMG (Orientador)



---

Prof. Dr. Marcelo Augusto Filardi- IFMG

Documento assinado digitalmente  
 ANDRÉ MEDEIROS DE ANDRADE  
Data: 23/11/2022 10:21:29-0300  
Verifique em <https://verificador.it.br>

---

Prof. Dr. André Medeiros de Andrade- UFVJM

## RESUMO

Os incêndios florestais são fenômenos complexos com um grande número de fatores determinantes incertos e altamente imprevisíveis que ainda permanecem desconhecidos. O trabalho teve como estudo o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o monitoramento e o planejamento ambiental de áreas com maiores chances de incêndios florestais. Foram elaborados mapas no ArcMap versão 10.8 e ajustados ao modelo estatístico de risco de incêndio. Cada mapa era independente por cada variável ter uma influência de modo específico (Precipitação, evapotranspiração, declividade, proximidade de estradas, temperatura média, uso do solo, altitude e orientação). A área de estudo apresentou aproximadamente 3,02 ha de área de baixo risco, 3835,66 ha de risco moderado, 17540,28 ha de alto risco, 2073,87 ha de risco muito alto e 0,18 ha de risco muito alto. Representando 0,13%; 16,35%; 74,79%; 8,84%; 0,00%.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; educação ambiental; desmatamento.

## **ABSTRACT**

Forest fires are complex phenomena with a large number of uncertain and highly unpredictable determinants that still remain unknown. The work studied the use of remote sensing techniques for monitoring and environmental planning in areas with a higher chance of forest fires. Maps were prepared in ArcMap version 10.8 and adjusted to the statistical fire risk model. Each map was independent because each variable had a specific influence (Precipitation, evapotranspiration, slope, proximity to roads, average temperature, land use, altitude and orientation). The study area had approximately 3.02 ha of low risk area, 3835.66 ha of moderate risk, 17540.28 ha of high risk, 2073.87 ha of very high risk and 0.18 ha of very high risk. Accounting for 0.13%; 16.35%; 74.79%; 8.84%; 0.00%.

**Keywords:** Geotechnologies; environmental education; logging.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Caracterização da área de estudo .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Desenvolvimento de métodos para mapeamento de risco de incêndio .....	9
2.2.1 Geração de Mapas Básicos .....	9
2.2.2 Geração de pesos estatísticos para o modelo .....	12
<b>3.RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
<b>4.CONCLUSÕES .....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>17</b>

## 1.INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que os incêndios florestais acontecem com grande regularidade em todo mundo. Os incêndios causam grandes impactos nos ecossistemas, na economia e até mesmo para os seres humanos (Bem et al., 2019). A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo, dispondo uma área de 5 milhões de quilômetros quadrados, correspondente a cerca de 58,9% do território brasileiro (IBGE, 2021)

Segundo dados da Fire Information For Resource Management System- FIRMS apontaram que entre os anos de 2000 e 2018 decorreram-se 7,27 milhões de focos de incêndios na América do Sul (Nasa, 2020).

Analisando temporalmente, desde a Revolução Industrial e expansão do agronegócio, todo o ecossistema florestal esteve sob constante pressão e ameaça de degradação (Burke et al., 2016). Recentemente, sucessivas alterações no uso e ocupação do solo são majoritariamente uma das causas mais relevantes na perda bruta de árvores, chegando a um montante de 15,3 bilhões de espécies nativas por ano (Crowther et al., 2015).

O Brasil é um dos países líderes em alteração florestal para áreas de agricultura e pastagens para gado, sendo um dos meios mais precursores para o desmatamento da Amazônia, visto que a floresta são queimadas para dar lugar à pastagem (Silva e Lima, 2018). Apesar da ampliação das pastagens ser a causa principal do desmatamento da Amazônia e do Cerrado, a agricultura de soja é uma das culturas mais predominantes de uso de terra intensiva (Lima et al., 2019).

Nos últimos anos foram registrados 184.497 focos de incêndio em todo território brasileiro, sendo 41,3% desses focos, ou seja, 76.194 ocorreram no bioma amazônico. Assim como na Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica têm sofrido grandes impactos com o número de queimadas e incêndios, tendo este último bioma um aumento de 60% na última década (INPE, 2022).

A Mata Atlântica é uma das principais áreas que necessita ser conservada por possuir grande riqueza em biodiversidade, alto nível de degradação e também sofre todos os anos com incêndios florestais (Guedes et al., 2020). Nos últimos anos, os focos de incêndios têm se intensificado e afetando a distribuição da vegetação, o clima, o ciclo do carbono, a fauna e a flora e também causando doenças respiratórias para as pessoas (Wu, 2019).

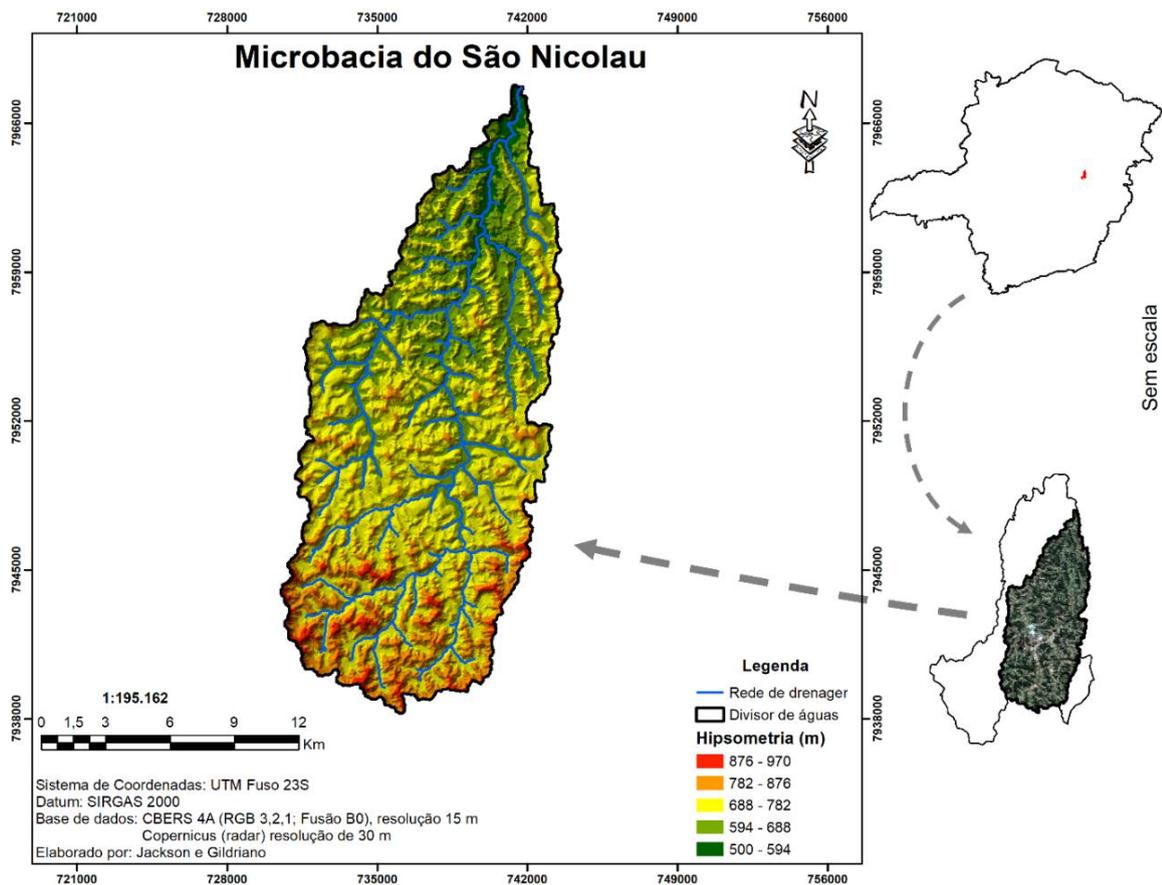
Deste modo, o sensoriamento remoto tem importância em diversos trabalhos da comunidade científica, entre eles o estudo do risco de incêndios florestais, por sua extensa análise da Terra (Yuan et al., 2017). Sendo assim, as geotecnologias tem sido bastante utilizada e essa ferramenta auxilia no mapeamento de áreas sujeitas a riscos de incêndios (Silva et al., 2020).

Neste contexto, o presente trabalho teve como estudo o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o monitoramento e o planejamento ambiental de áreas com maiores chances de incêndios florestais na microbacia São Nicolau no município de São João Evangelista-MG, afim de propor ações de monitoramento das áreas mais suscetíveis à incêndios e planejar políticas de prevenção e combate de incêndios.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de São João Evangelista situado na região leste de Minas Gerais, a área a ser estudada está situada na microbacia do São Nicolau (Figura 1), com 239 km<sup>2</sup> e altitude variando de 594m e 970m. O clima é do tipo tropical de altitude Cwa (temperado-mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso). Conforme a classificação de Köppen, a precipitação média anual é de 20,2 °C, com uma máxima média de 27 °C e mínima de 14 °C, sua precipitação média é de 1377mm (CLIMATE.DATA.ORG, 2021). A Microbacia São Nicolau, integra a sub-bacia do Suaçuí Grande, constituindo a bacia hidrográfica do Rio Doce região Centro Nordeste de Minas Gerais. Com latitude: 18° 32' 46" Sul, Longitude: 42° 45' 35" Oeste (Figura 1).



**Figure 1:** Mapa de localização da Microbacia do São Nicolau com detalhe para a altimetria.

**Fonte:** Jackson e Gildriano

## 2.2. Desenvolvimento de métodos para mapeamento de risco de incêndio

As próximas etapas metodológicas foram necessárias para o mapeamento do risco de incêndios florestais na Microbacia São Nicolau no município de São João Evangelista-MG.

### 2.2.1 Geração de Mapas Básicos

Nesta etapa, foram elaborados mapas no *ArcMap* versão 10.8 e ajustados ao modelo estatístico de risco de incêndio. Cada mapa era independente por cada variável ter uma influência de modo específico. As classes e pesos foram distribuídos de acordo com valores referidos na literatura. As oito variáveis foram estudadas e especializadas em formato de matrizes.

a) Precipitação: As imagens foram baixadas do satélite *CHIRPS*, com resolução de 5 km sendo de uma média histórica de 30 anos. Foi feita uma álgebra de mapas, em seguida foram recortadas, reprojatadas e reamostradas para uma resolução espacial de dois metros.

Houve uma reclassificação baseada na imagem da matriz em referência a média histórica dos 30 anos para obter um novo arquivo de matriz com 5 classes (Tabela 1) que representam os seguintes níveis: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe.

Tabela 1: Classificação da precipitação média histórica anual e o peso concedido ao incêndio florestal

Precipitação (mm)	Risco	Peso
<1000	Extremo	5
1000,01 e 1100	Muito Alto	4
1100,01 e 1200	Alto	3
1200,01 e 1300	Moderado	2
1300,01	Baixo	1

Fonte: (Eugenio *et al.*, 2016)

b) Evapotranspiração: As imagens foram baixadas do sensor *MODIS*, com resolução de 250 m sendo de uma média histórica de 30 anos. Foi feita uma álgebra de mapas, em seguida foram recortadas, reprojatadas e reamostradas para uma resolução espacial de dois metros.

Houve uma reclassificação baseada na imagem da matriz em referência à média histórica dos 30 anos para obter um novo arquivo de matriz com 3 classes (Tabela 2) que representam os seguintes níveis: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe.

Tabela 2: Classificação da evapotranspiração média histórica anual e o peso concedido ao incêndio florestal.

Evapotranspiração (mm)	Risco	Peso
< 90	Baixo	1
90,01 e 120	Moderado	2
>120,01	Alto	3

Fonte: (Prudente, T. D., 2009)

- c) Declividade: A imagem foi baixada do satélite *Copernicus* com resolução de 10 m e foi confeccionado usando a função SLOPE no *ArcGis 10.8*. Com a etapa anterior concluída, foi feita a reclassificação para obter um novo arquivo, sendo as seguintes classes: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação da declividade e o peso concedido ao incêndio florestal.

Declividade (%)	Risco	Peso
<15	Baixo	1
15,01 e 25	Moderado	2
25,01 e 35	Alto	3
35,01 e 45	Muito alto	4
45,01	Extremo	5

Fonte: Prudente (2010), Eugenio *et al.*, (2016)

- d) Proximidade de Estradas: As estradas foram digitalizadas manualmente com o auxílio do *Google Earth*. Após o processamento anterior, foram definidas segundo Eugenio *et al.*, (2016) as distâncias 10, 30, 50 e acima de 70 m para delimitar o raio de efeito. Com isso, a reclassificação da distância euclidiana foi realizada no *Arcgis 10.8* visto na (tabela 4).

Tabela 4: Classificação de estradas e o peso concedido ao incêndio florestal.

Proximidade (m)	Risco	Peso
<10	Extremo	5
10,01 e 30	Muito Alto	4
30,01 e 50	Alto	3
50,01 e 70	Moderado	2
70,01	Baixo	1

Fonte: Eugenio *et al.*, (2016)

- e) Temperatura Média: As imagens foram baixadas do *WorldClim*, com resolução de 1 km<sup>2</sup> sendo de uma média histórica de 30 anos. Foi feita uma álgebra de mapas, em seguida foram recortadas, reprojctadas e reamostradas para uma resolução espacial de dois metros.

Desse modo houve uma reclassificação baseada na imagem da matriz em referência a média histórica de 30 anos para obter um novo arquivo de matriz com 5 classes (Tabela 5) que representam os seguintes níveis: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe.

Tabela 5: Classificação de temperatura e o peso concedido ao incêndio florestal.

Proximidade (m)	Risco	Peso
<18	Baixo	1
18,01 e 19	Moderado	2
19,01 e 20	Alto	3
20,01 e 22	Muito alto	4
22,01	Extremamente alto	5

Fonte: Eugenio *et al.*, (2016)

- f) Uso do Solo: Para o processamento, foi empregado o programa *ArcMap 10.8.1*. Foram baixadas as bandas Pancromática (B0), Blue (B1), Green (B2), Red (B3) e NIR (B4), do site do INPE, do satélite *CBERS 04A*, sensor WPM com resolução 40 m. Em seguida foi realizada a composição RGB na cor verdadeira (B3, B2, B1). Sequencialmente fusionadas às bandas multiespectral e pancromática (diminuindo a resolução de 8 m para 2 m), e recortado o limite da área. As imagens foram digitalizadas as linhas das feições, classificando os polígonos de acordo com seu uso e cobertura. A escala de digitalização utilizada seguiu as Normas Técnicas da Cartografia (Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984), que estabelece um padrão de escala cartográfica (PEC) de 0,5 mm, para se estabelecer a escala mínima de trabalho Classe A, utilizando uma resolução espacial da imagem de 2,0 m. Sequencialmente foram coletados as amostras das classes predefinidas: solo exposto, pastagens, água, floresta, silvicultura. Deste modo, um peso foi indicado para cada classe de acordo com sua propagação do fogo de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Classificação de uso e ocupação e o peso concedido ao incêndio florestal.

Proximidade (m)	Risco	Peso
Solo exposto	Baixo	1
Pastagens	Extremo	5
Água	Nulo	0
floresta	Extremo	5
Silvicultura	Extremamente	5

Fonte: Eugenio et al., (2016)

- g) Altitude: A imagem foi baixada do satélite Copernicus com resolução de 10m e foi classificada. Com a etapa anterior concluída, foi feito a reclassificação para obter um novo arquivo, sendo as seguintes classes: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe (Tabela 7).

Tabela 7: Classificação de altitude e o peso concedido ao incêndio florestal.

Proximidade (m)	Risco	Peso
<600	Extremo	5
600,01 e 900	Muito Alto	4
900,01 e 1200	Alto	3
1200,01 e 1500	Moderado	2
1500,01	Baixo	1

Fonte: Eugenio et al., (2016)

- h) Orientação: A imagem foi baixada do satélite *Copernicus* com resolução de 10 m e sequencialmente utilizado a função ASPECT no *ArcGis 10.8*. Feita a reclassificação para obter um novo arquivo, sendo as seguintes classes: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. O respectivo peso foi distribuído para cada classe (Tabela 8).

Tabela 8: Classificação de Orientação e o peso concedido ao incêndio florestal

Orientação	Risco	Peso
S, SE, SW e FLAT E	Baixo	1
	Moderado	2
NE	Alto	3
NW e W	Muito alto	4
N	Extremamente alto	5

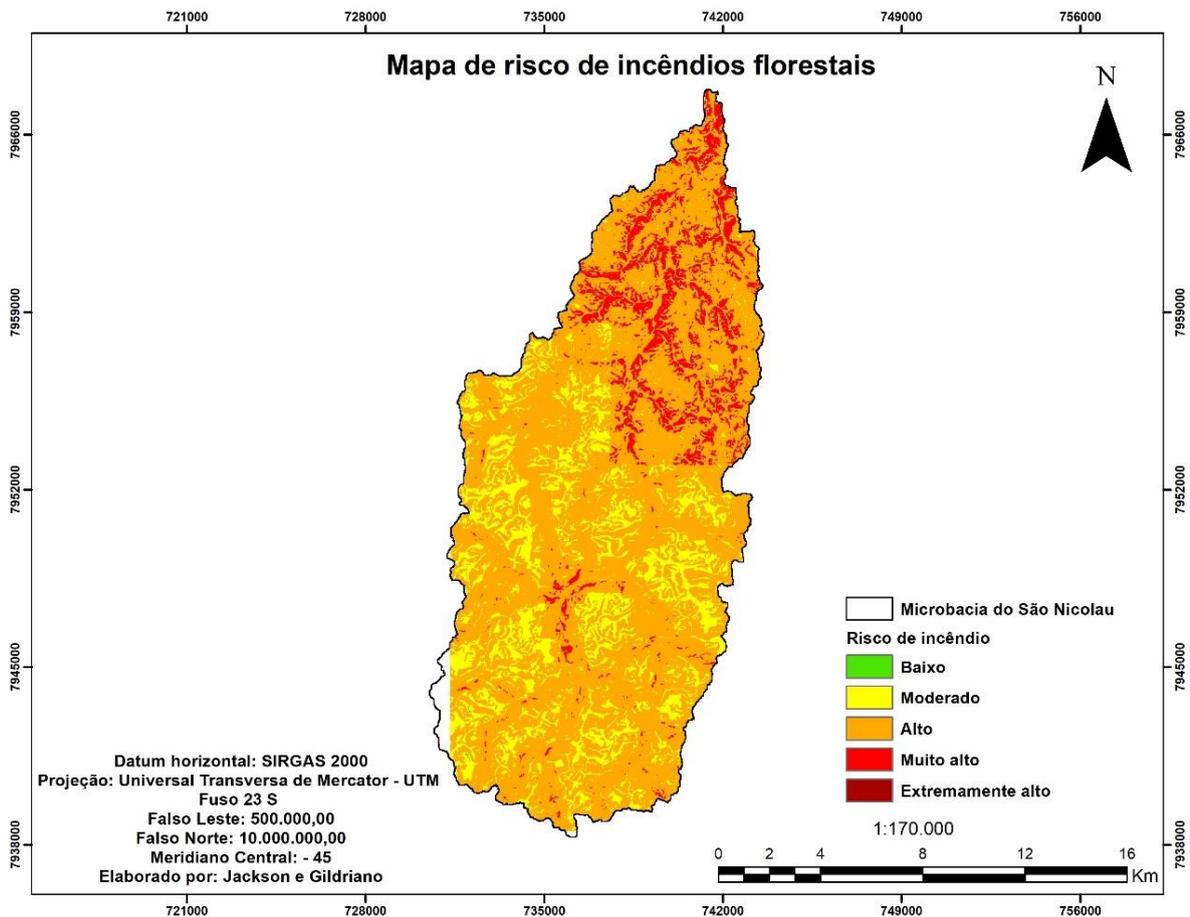
Fonte: Oliveira (2002), Eugenio *et al.*, (2016)

### 2.2.2 Geração de pesos estatísticos para o modelo

Baseado no modelo de análise hierárquica ponderada (Analytical Hierarchy Process-AHP) descritas por Saaty (1977), conforme geral cada variável foi estabelecida e classificando as variáveis em uma escala de comparação de pares indicando uma hierarquia linear de importância entre variáveis (Precipitação, evapotranspiração, declividade, proximidade de estradas, temperatura média, uso do solo, altitude e orientação).

### 3.RESULTADOS

A inclusão dos oito planos resultou em mapas que representam todos os fatores somados, concedendo uma análise de situação de risco de incêndio numa série histórica de 30 anos. O mapa de riscos de incêndios é apresentado na Figura 2.

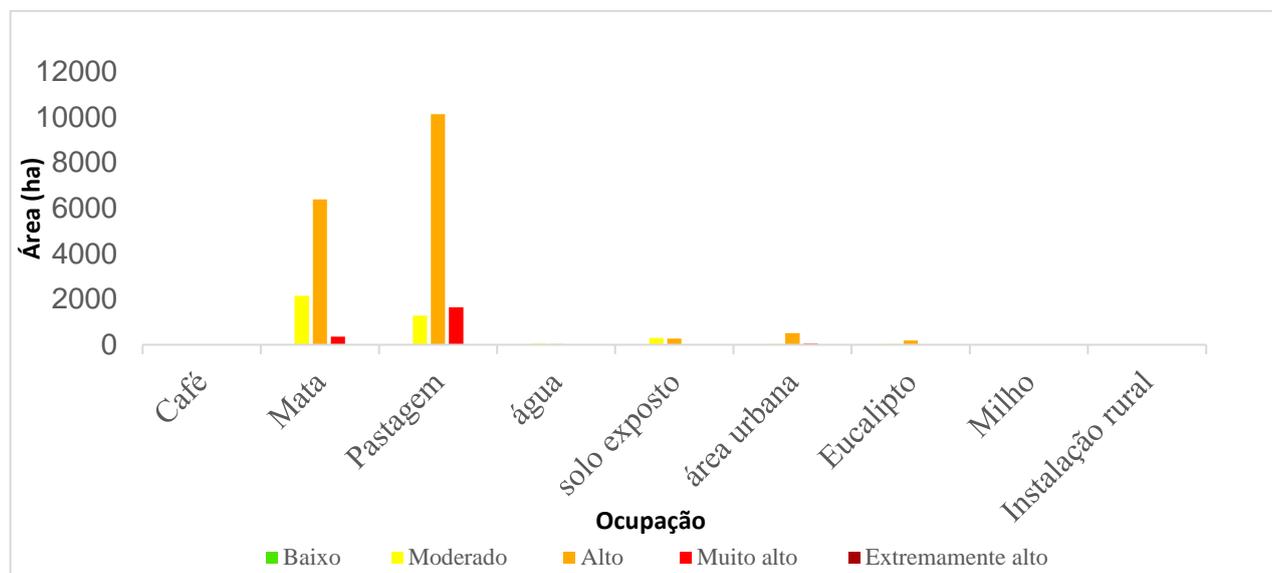


**Figure 2:** Mapa de riscos de incêndios florestais.

A área de estudo possui aproximadamente 3,02 ha de área de baixo risco, 3835,66 ha de risco moderado, 17540,28 ha de alto risco, 2073,87 ha de risco muito alto e 0,18 ha de risco muito alto. Respectivamente 0,13%; 16,35%; 74,79%; 8,84%; 0,00% para a microbacia do São Nicolau no município de São João Evangelista- MG. Conforme os estudos de Santana *et al.*, (2020), no período de 2001 a 2019 houve um registro de 373.002 focos de incêndios florestais na Mata Atlântica. A Tabela 9 e a Figura 3 detalha as classes de riscos de incêndios florestais na microbacia.

**Tabela 9:** de área (ha) das classes de uso e ocupação na microbacia com seus respectivos riscos

Classe/Risco	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto	Extremamente alto
Café	0	0,95	9,855	0	0
Mata	0	2149,43	6387,31	355,32	0,18
Pastagem	0	1275,07	10122,57	1644,87	0
Água	1,01	41,30	37,73	0,2	0
Solo exposto	2,01	294,80	270,35	6,084	0
Área Urbana	0	26,10	508,70	53,21	0
Eucalipto	0	25,86	183,59	14,20	0
Milho	0	3,02	0,07	0	0
Instalação Rural	0	18,12	20,11	0	0
Somatório	3,02	3834,66	17540,28	2073,88	0,18



**Figure 3:** Tabulação cruzada com área de riscos de incêndios e uso e ocupação.

Fazendo a análise, observa-se que a região norte da área de estudo foi a que representou o maior risco de incêndio florestal. Sendo explicado pelo fato de a região apresentar altitudes menores que 15% (<600m) em relação as outras regiões. Essa mesma região apresenta valores de temperatura e menores valores de precipitação. O clima é um fator crucial para a ocorrência de incêndios florestais, atuando na qualidade e quantidade de material combustível (Alencar *et al.*, 2020).

Para Pyne (1984), quanto mais o terreno é inclinado maior tende ao fogo se difundir ligeiramente. Desta forma, em áreas de declives, menor a atividade do fogo. Motta (2008), indica que as proporções que o relevo dispõe tem interferência na temperatura, na umidade do ar e no vento, atuando no alastramento do fogo.

Vale dizer que as proximidades de estradas são um fator que exerce grande influência no risco de incêndio (Ribeiro *et al.*, 2012). Na microbacia existem duas rodovias que interligam o município de São João Evangelista a outras cidades, sendo elas a BR-120 e a MG-117 e também estradas rurais interligam as fazendas o povoado de Nelson de Sena. Um aspecto considerável é que 78,4% da malha rodoviária não possui pavimentação (CNT, 2020). Esses incêndios podem ser causados por criminosos ou involuntariamente através de restos de cigarros, vidros, latas e dentre vários outros

objetos que podem ser jogados por passageiros.

Na pesquisa realizada por Santana *et al.*, (2020), foi constatado que as ações antrópicas são as principais causas de incêndios, sendo que 57,18% dos focos foram identificados em áreas agrícolas e 33% em áreas florestais.

Nas demais áreas, os locais com riscos mais elevados foram aqueles que apresentaram maior declividade, áreas urbanas e proximidade de estradas.

A região que ofereceu maior risco de incêndio é uma região menos povoada porém deve-se ter um alerta com regiões que têm maior concentração e acesso de pessoas.

Para a área de estudo é importante dizer que 83,63% do território da Microbacia oferece grandes riscos de incêndios e, como o município tem recursos financeiros limitados, é relevante que as medidas devem ser tomadas principalmente nas regiões que tem maiores riscos.

#### 4.CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e os métodos utilizados para o presente estudo, pode-se concluir que a elaboração de mapas de riscos de incêndios são instrumentos de grande relevância e possuem informações que podem ser empregadas para a prevenção, controle e combate de riscos de incêndios.

Com as informações obtidas foram observados que 83,63% da área da Microbacia oferece grande riscos de incêndios florestais. Sendo assim podem ser tomadas medidas preventivas como criação de aceiros nas regiões mais próximas às estradas, vigilância nas áreas de maior risco, criação de cartilhas e acervos digitais, a fim de praticar políticas de educação ambiental em parceria com o Corpo de Bombeiros local, alocação de recursos em pontos estratégicos, reorganização das atividades realizadas nas proximidades e criação de base de dados para realizar comparativos ao longo dos anos.

Para a realização do trabalho, foram pesquisados cautelosamente diversos fatores que geram grande influência na propagação dos incêndios florestais na área da microbacia. Deste modo, foi possível selecionar os fatores mais favoráveis na área de estudo, sendo eles: Precipitação, evapotranspiração, declividade, proximidade de estradas, temperatura média, uso do solo, altitude e orientação.

Conforme os dados pesquisados, foram considerados áreas susceptíveis a incêndios as que apresentaram as seguintes condições: a) Ocupadas com as classes de matas, pastagens e silviculturas; b) altitudes até 1200 m; c) declividade acima de 45%; d) orientação das encostas para o norte, nordeste e noroeste; e) precipitação anual inferior a 1000 mm; f) evapotranspiração superior que 120 mm; g) temperatura com média anual de 22° C; h) áreas próximas a rodovias e áreas urbanas

Sabe-se que a maior parte dos incêndios é causada de forma antrópica, nesse sentido é importante criação de leis mais rígidas, mais orientação nas regiões que oferecem maior risco e criação de pontos estratégicos para o monitoramento para prevenir incêndios.

É de suma importância a prevenção dos incêndios florestais, visto que uma vez que ocorrem, o solo tem grande perda de nutrientes que são voláteis, sendo assim, enfraquecem o solo deixando a área susceptível a processos erosivos e comprometendo a sua estrutura e conseqüentemente causam também assoreamento dos rios. Contudo, ainda há emissão de dióxido de carbono e impactos irreversíveis para a fauna e a flora.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Ane; RODRIGUES, Lucas; CASTRO, Isabel. Amazônia em chamas: o que queima—e onde. **Nota Técnica, IPAM**, v. 5, p. 1-14, 2020.

*ArcGIS Desktop: Release* [computer program]. Version 10.8. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute; 2022.

Bem, P.P., de Carvalho Júnior, O.A., Matricardi, E.A.T., Guimaraes, ~ R.F., Gomes, R.A.T., 2019. Predicting wildfire vulnerability using logistic regression and artificial neural networks: a case study in Brazil's Feder.

Burke, D.J., Knisely, C., Watson, M.L., Carrino-Kyker, S.R., Mauk, R.L., 2016. The effects of agricultural history on forest ecological integrity as determined by a rapid forest assessment method. *Forest Ecol. Manag.* 378, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.004>

CNT - Confederação Nacional do Transporte, 2020. Anuário CNT do transporte: estatísticas consolidadas 2020 – rodoviário. Disponível em: Acesso. <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/File/PrincipaisDados.pdf>. (Acesso em 6 de maio de 2022).

Crowther, T.W., Glick, H.B., Covey, K.R., Bettigole, C., Maynard, D.S., Thomas, S.M., et al., 2015. Mapping tree density at a global scale. *Nature* 525 (7568), 201–205. <https://doi.org/10.1038/nature14967>.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima: São João Evangelista/MG. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/sao-joao-evangelista175926/>>. Acesso em: 20 abril. 2022.

Eugenio, F.C., dos Santos, A.R., Fiedler, N.C., Ribeiro, G.A., da Silva, A.G., dos Santos, A. B., Paneto, G.G., Schettino, V.R., 2016. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. *J. Environ. Manag.* 173, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.021>.

DE SANTANA, Romário O.; DELGADO, Rafael C.; SCHIAVETTI, Alexandre. Modeling susceptibility to forest fires in the Central Corridor of the Atlantic Forest using the frequency ratio method. **Journal of environmental management**, v. 296, p. 113343, 2021.

Guedes, B.J., Massi, K.G., Evers, C., Nielsen-Pincus, M., 2020. Vulnerability of small forest patches

to fire in the Paraíba do Sul River Valley, southeast Brazil: implications for restoration of the Atlantic Forest biome. *For. Ecol. Manag.* 465, 118095. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118095>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE atualiza limites de municípios no mapa da Amazônia Legal, Editoria: Geociências, 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 02/06/2022.

Lima, M., Junior, C.A.S., Rausch, L., Gibbs, H.K., Johann, J.A., 2019. Demystifying sustainable soy in Brazil. *Land Use Policy* 82, 349–352. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.016>.

Oliveira, D.S., 2002. Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais no Norte de Santa Catarina ([Forest Fire Risk Zoning in Northern Santa Catarina, Brazil]). Thesis (Masters in Forestry). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná [Agricultural Sciences Division, Federal University of Parana], Curitiba.

PYNE, Stephen J. et al. **Introduction to wildland fire. Fire management in the United States**. John Wiley & Sons, 1984.

Prudente, T.D., 2010. Geotecnologias Aplicadas ao Mapeamento de Risco de Incêndio Florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Área de Entorno ([Geotechnologies Applied in Forest Fire Risk Mapping in the Chapada dos Veadeiros National Park and its Surroundings]). Thesis (Masters in Geography). Universidade Federal de Uberlândia [Federal University of Uberlândia], Minas Gerais.

Ribeiro, L., Soares, R.V., Bepler, M., 2012. Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. *Cerne* 18 (1), 117–126. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100014>.

Saaty, T.H., 1977. A scaling method forms priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psychol.* 15, 234e281.

Santana, R.O., Delgado, R.C., Schiavetti, A., 2020. The past, present and future of vegetation in the Central Atlantic Forest Corridor, Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 20, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100357>.

Silva, C.A., Lima, M., 2018. Soy moratorium in Mato Grosso: deforestation undermines the agreement. *Land Use Policy* 71, 540–542. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.011>

Silva, I.D.B., Valle, M.E., Barros, L.C., Meyer, J.F.C., 2020. A wildfire warning system applied to the state of Acre in the Brazilian Amazon. *Appl. Soft Comput.* 89, 106075. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106075>.

WU, C. Wildfire modelling and impacts on carbon cycle, climate, and vegetation distribution induced by climate change. 2019.

Yuan, C.; Liu, Z.; Zhang, Y. 2017. Aerial ImagesBased Forest Fire Detection for Firefighting Using Optical Remote Sensing Techniques and Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Intelligent & Robotic Systems* volume 88, 635654. DOI:10.1007/s10846-016-0464-7