

Zoneamento do risco de incêndios florestais no município de Itinga, Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil

Leonidas Soares Murta Júnior¹, Erica Karolina Barros de Oliveira^{2*}

¹Analista Ambiental, Instituto Estadual de Florestas, Regional Nordeste, Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil, ²Pós-doutoranda da Universidade Federal do Acre. *karolina.czs@gmail.com

Recebido em: 08/07/2023

Aceito em: 17/05/2024

Publicado em: 31/07/2024

<https://doi.org/10.29327/269504.6.1-3>

RESUMO

O presente estudo objetivou elaborar o zoneamento do risco de incêndios florestais para o município de Itinga-MG. Para isso, foi elaborado um mapa de risco com auxílio do *software* QGIS, através da sobreposição de mapas das variáveis: aspecto, declividade, distância das sedes municipais, proximidade de estradas e uso e ocupação do solo. Em cada mapa foram definidos polígonos susceptíveis à ocorrência de incêndios, onde cada categoria recebeu um valor de escore. Para as variáveis relativas ao relevo foram utilizados dados do Modelo Digital de Elevação e para a classificação do uso e cobertura do solo foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8*. Os resultados indicaram que aproximadamente 54% das áreas do município foram classificadas com risco “Médio” de ocorrência de incêndios, seguida pela classe de “Baixo” risco com 26%, “Alto” risco com 19%, risco “Muito Alto” com 1,00% e, por fim, a classe de risco “Muito Baixo” com 0,15%. As áreas mais susceptíveis aos incêndios florestais estão localizadas na região central do município. Os resultados aqui apresentados podem auxiliar os gestores no processo de tomadas de decisões e no planejamento de estudos que visem minimizar os danos causados pelos incêndios florestais, não apenas na cidade de Itinga, como em todo o Vale do Jequitinhonha.

Palavras-chave: Proteção Florestal. Sensoriamento remoto. Susceptibilidade ao Fogo.

Forest fire risk zoning in the municipality of Itinga, Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil

ABSTRACT

The present study aimed to develop the zoning of the risk of forest fires for the municipality of Itinga-MG. For this, a risk map was prepared with the aid of the QGIS software, by superimposing maps of the variables: appearance, slope, distance from municipal headquarters, proximity to roads and land use and occupation. In each map, polygons susceptible to the occurrence of fires were defined, where each category received a score value. For the variables related to relief, data from the Digital Elevation Model (MDE) were used, and for the classification of land use and land cover, images from the Landsat 8 satellite were used. The results indicated that approximately 54% of the areas of the municipality were classified as at risk. “Medium” risk of fires, followed by the “Low” risk class with 26%, “High” risk with 19%, “Very High” risk with 1.00% and, finally, the “Very Low” risk class” with 0.15%. The areas most susceptible to forest fires are located in the central region of the municipality. The results presented here can help managers in the decision-making process and in the planning of studies aimed at minimizing the damage caused by forest fires, not only in the city of Itinga, but throughout the Jequitinhonha Valley.

Keywords: Forest Protection. Remote sensing. Susceptibility to Fire.

INTRODUÇÃO

A região do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais possui inúmeras deficiências e um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado (PNUD et al., 2003). Trata-se de uma região de base agrária, sendo que a população ainda é predominantemente rural, com perfil extrativista de recursos florestais para produção de carvão, desenvolvimento da agropecuária e mineração. Nas pequenas propriedades, a atividade produtiva é desenvolvida nos moldes familiares, onde a agricultura de subsistência compõe o mecanismo básico de produção local. Esse modelo de agricultura tradicional na região é caracterizado pela queima de restos culturais, levando a um intenso desgaste do solo.

Neste cenário, está inserido o município de Itinga, com população total de 13.745 habitantes, sendo que a maioria destes reside na zona rural e segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) exerce atividades vinculadas à agricultura e a pecuária (IBGE, 2022). A vegetação predominante no município é caracterizada, como Floresta Estacional Decidual (FED) ocorrendo também, nas áreas de maior altitude, o bioma Cerrado (IBGE, 2012). As atividades agrícolas na região resultaram em intensa alteração do uso do solo, aumentando a pressão sobre as florestas nativas, colocando este município entre os seis que mais desmatam o Bioma Mata Atlântica no estado Minas Gerais.

A Mata Atlântica é formada por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude, que se estendiam originalmente por 17 estados do território brasileiro. Atualmente, restam somente 22% da cobertura original do Bioma e seus remanescentes encontram-se em diferentes estágios de regeneração. Estima-se que somente 7% da área original está bem conservada em fragmentos acima de 100 hectares (MMA, 2020). Segundo a SOS Mata Atlântica (2020), este bioma é composto por aproximadamente 20 mil espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

Entre os fatores que contribuem para o agravamento desta situação, a utilização do fogo na agricultura é altamente impactante não apenas à cobertura vegetal, mas também às características do solo, fauna silvestre e a atmosfera, podendo ser altamente destrutivo quando se trata de incêndios florestais (RODRIGUES et al., 2016).

Dessa forma, é fundamental que sejam elaboradas estratégias para reduzir o risco de ocorrência dos incêndios. Este risco depende de algumas variáveis que podem influenciar tanto na disponibilidade da origem do fogo como nas condições que favoreçam a sua propagação. Estas variáveis são principalmente tipo de vegetação, características do material combustível, topografia, tipo de ocupação do solo e condições meteorológicas. A quantificação destas variáveis por área florestal possibilita a elaboração de mapas indicativos do risco de incêndios, que são importantes ferramentas para o planejamento da prevenção e para o dimensionamento das forças de ataque quando for necessário o combate a um incêndio em qualquer região administrativa da propriedade florestal (OLIVEIRA, 2002).

O zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF) é um elemento básico para o planejamento da proteção florestal (RODRIGUES et al., 2016) proporcionando uma visualização da distribuição espacial do risco em toda a área protegida e possibilitando uma melhor adequação dos recursos e equipamentos destinados à prevenção e combate de acordo com o nível de perigo de cada região.

Para a execução do zoneamento de risco dispõe-se atualmente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (SOUZA et al., 2021). Em um ambiente SIG é possível armazenar, inserir, administrar, analisar e apresentar dados espaciais na forma de mapas, relatórios, gráficos e diagramas. É possível fazer sobreposição de informações e análises espaciais, que se tornam subsídio para a tomada de decisões. Todas estas potencialidades são indispensáveis aos estudos relacionados aos incêndios florestais tendo em vista seu caráter espacial e a diversidade de fatores ambientais relacionados (RIBEIRO; GALIZONI, 2013; RIBEIRO, 2013).

Apesar dos impactos negativos dos incêndios florestais à cobertura vegetal, à fauna silvestre, às características do solo, ao agravamento dos quadros de doenças respiratórias nas cidades, aumento dos gases do efeito estufa e consequente contribuição nas mudanças climáticas globais, além dos riscos diretos no momento do incêndio, nota-se o aumento dos focos de calor anualmente (SILVA, 2003). Essa realidade reflete a ausência de informação a população sobre os prejuízos causados pelos incêndios e os métodos de prevenir a ocorrência destes.

Em vista do presente cenário, é de suma importância à elaboração de planos para prevenção de incêndios, bem como a realização de zoneamento de risco dos mesmos com objetivo de subsidiar o seu monitoramento (KOPROSKI et al., 2011).

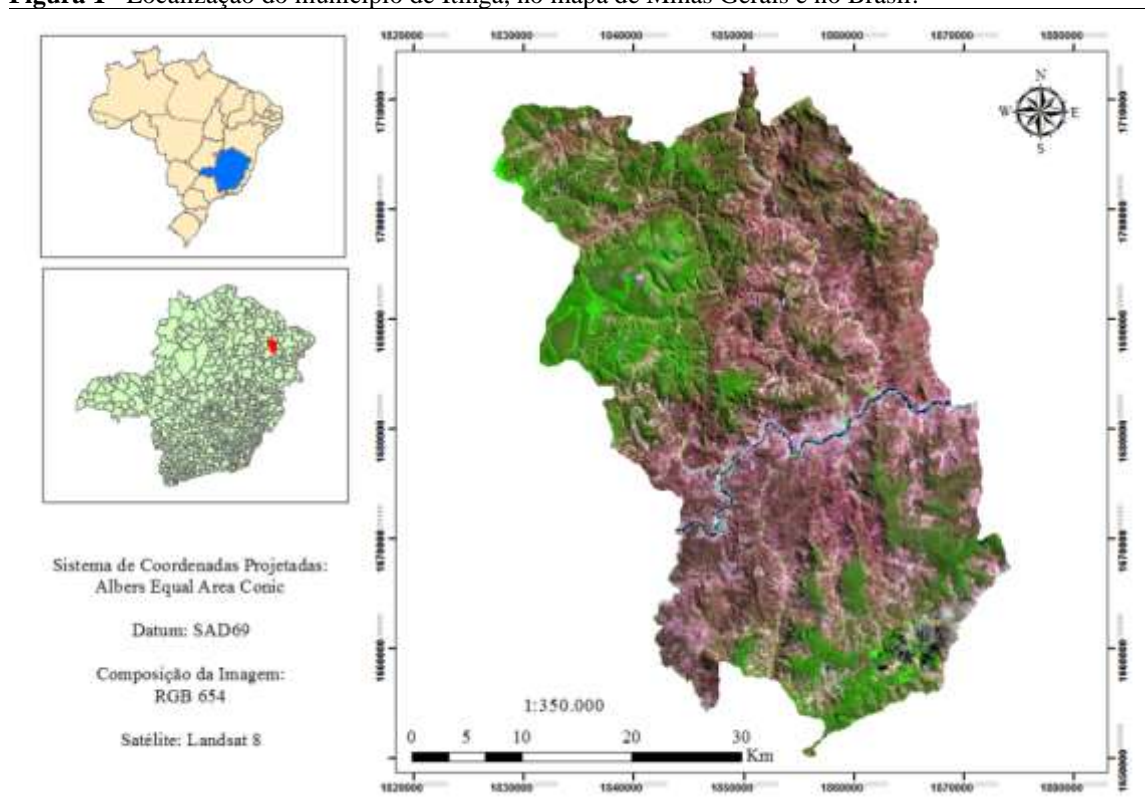
Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é elaborar o zoneamento do risco de incêndios florestais para o município de Itinga- MG, como instrumento que auxilie no monitoramento e prevenção de incêndios florestais.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no município de Itinga localizado no Vale do Jequitinhonha, região nordeste do Estado de Minas Gerais, sob as coordenadas 16° 36' Sul e 41° 46' Oeste (Figura 1). Sua área total é de 1.649,622 km² e sua população total segundo os dados do censo demográfico de 2022 é de 13.745 habitantes (IBGE, 2021).

A vegetação predominante no município é a Floresta Estacional Decidual (FED), ainda, há a ocorrência de Cerrado *sensu stricto* nas porções de áreas com maior altitude. Já o clima da região é considerado como BSw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como seco com chuvas no verão, e precipitações anuais sempre inferiores a 1.000 mm e normalmente superiores a 750 mm (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 24,4° C e a precipitação média anual é de 840 mm (SILVA, 2011).

Figura 1– Localização do município de Itinga, no mapa de Minas Gerais e no Brasil.



Fonte: Autoria própria

Base de dados

A partir das condições topográficas e do uso do solo, foi elaborado um mapa de risco de incêndio de acordo com metodologia proposta por Ribeiro et al., (2008), com auxílio do *Software* QGIS (QGIS, 2021), usando a sobreposição de mapas preliminarmente construídos a partir das variáveis aspecto (orientação das encostas), declividade, distância das sedes municipais, proximidade de estradas e uso e ocupação do solo (TORRES et al., 2017; WHITE et al., 2016; TORRES et al., 2014; RIBEIRO et al., 2008; SILVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2004).

Em cada mapa foram definidos polígonos susceptíveis à ocorrência de incêndios, onde cada situação receberá um valor de escore que pode variar de 1 a 5, sendo que 1 é o valor atribuído ao menor risco de incêndio e 5 ao maior. A definição dos valores foi feita com base nas subdivisões descritas na literatura pertinente (OLIVEIRA et al., 2004; OLIVEIRA, 2002).

Para a composição dos mapas e cômputo dos efeitos dos fatores além do limite do município, foi considerada uma faixa de bordadura com raio de 05 km a partir de seu limite. Para a elaboração dos mapas deste trabalho, foi utilizado o Sistema de Coordenadas Projetadas *South America Albers Equal Area Conic*, que preserva as relações de área entre as entidades da cena (CÂMARA et al., 2004). A descrição de cada uma das variáveis utilizadas é feita a seguir.

Aspecto

A orientação das encostas é considerada devido às faces mais ensolaradas perderem umidade mais rapidamente facilitando o início e a propagação do fogo (RIBEIRO et al., 2008). Para determinação dos escores da orientação das encostas, levou-se em conta a rosa dos ventos em que o Norte foi considerado na posição de 0°. Os escores foram definidos conforme cada posição para os 360° da rosa dos ventos. A Tabela 1 mostra os escores atribuídos de acordo à orientação das encostas (OLIVEIRA et al., 2004).

Tabela 1– Escores atribuídos à orientação das encostas (Aspecto) para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais para o município de Itinga-MG.

Variável	Orientação da encosta (graus)	Escore
Aspecto	0° - 45°	5
	45° - 90°	4
	90° - 135°	3
	135° - 157,5°	2
	157,5° - 202,5°	1
	202,5° - 225°	2
	225° - 270°	3
	270° - 315°	4
315° - 360°	5	

Fonte: Autoria própria.

Declividade

A declividade se relaciona com a velocidade de propagação e risco de combate ao fogo, uma vez que fogo morro acima se espalha mais facilmente e é dificilmente combatido (RIBEIRO et al., 2008). Dessa forma, quanto maior a declividade maior serão os efeitos do incêndio florestal (TORRES et al., 2017). A Tabela 2 apresenta os escores atribuídos de acordo à declividade (OLIVEIRA et al., 2004).

Tabela 2 – Escores atribuídos à Declividade do terreno para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais para o município de Itinga-MG.

Variável	Declividade (graus)	Escore
Declividade	> 30°	5
	20° - 30°	4
	10° - 20°	3
	5° - 10°	2
	< 5°	1

Fonte: Autoria própria.

Para a obtenção das variáveis aspecto e declividade, foram utilizadas duas cenas do Modelo Digital de Elevação, disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA (INPE, 2021).

Distância das sedes municipais

Espera-se que quanto maior a proximidade de adensamentos urbanos, maior seja a possibilidade de ocorrência de incêndios em decorrência de atividades antrópicas (TORRES, et al., 2014). Assim, os polígonos das sedes municipais foram obtidos a partir do *software Google Earth Pro* (GOOGLE, 2020), em que foram construídos os polígonos

referentes às áreas urbanas dos municípios de Itinga, Araçuaí e Itaobim, além dos povoados de Taquaral e Pasmadinho, próximos ao município de Itinga-MG.

Para a obtenção das distâncias foi utilizada a Distância Euclidiana, sendo que cada classe de distância recebeu um valor de escore. A Tabela 3 apresenta os escores atribuídos de acordo com a distância de áreas urbanas.

Tabela 3 – Escores atribuídos à distância das sedes municipais para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais do município de Itinga- MG.

Variável	Distância (m)	Escore
Distância das sedes municipais	0 – 2.000	5
	2.000 – 5.000	4
	5.000 – 10.000	3
	10.000 – 20.000	2
	> 20.000	1

Fonte: Autoria própria.

Distância da rodovia e estradas secundárias

De forma análoga ao item anterior, as linhas que representaram as rodovias e estradas secundárias foram obtidas a partir do *software Google Earth Pro* (GOOGLE, 2020), sendo mapeada a rodovia pavimentada principal que corta o município objeto do estudo e as estradas secundárias principais.

Para a obtenção das distâncias foi utilizada a Distância Euclidiana, sendo que cada classe de distância recebeu um valor de escore. A Tabela 4 mostra os escores atribuídos de acordo com a distância euclidiana para a rodovia e estradas secundárias.

Tabela 4– Escores atribuídos à proximidade das estradas, para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais do município de Itinga- MG.

Variável	Distância (m)	Escore
Distância da rodovia e estradas secundárias	0 a 100	5
	100 a 500	4
	500 a 1.000	3
	1.000 a 5.000	2
	> 5.000	1

Fonte: Autoria própria

Embora o risco de ocorrência de incêndios seja maior nas bordas das estradas pavimentadas devido ao maior fluxo de pessoas (TORRES et al., 2010), neste trabalho

não foi feita distinção entre o risco de incêndios em estradas pavimentadas ou não pavimentadas.

Uso e ocupação do solo

A classificação do uso e ocupação do solo foi feita pelo método supervisionado, em que foram selecionadas 10 amostras para cada classe de uso. As classes vetorizadas foram: Agricultura; Cerrado; Floresta; Mata de Galeria; Solo exposto e Água.

Na construção do mapa de uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8 OLI (Operational Land Imager)*, disponíveis gratuitamente no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2014). Para a melhor visualização, fez-se a composição RGB 654 (b6 - infravermelho médio, b5 - infravermelho próximo e b4-vermelho). As classes utilizadas para a classificação são apresentadas na Tabela 5, juntamente com os respectivos escores.

Tabela 5 – Escores atribuídos às classes de uso e ocupação do solo para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais do município de Itinga-MG.

Variável	Uso do Solo	Escore
Classe de Uso e ocupação do solo	Agricultura	5
	Cerrado	4
	Floresta	3
	Mata de galeria	2
	Solo exposto	1
	Água	0

Fonte: Autoria própria.

A distância das sedes municipais, a distância das rodovias e estradas secundárias e o uso e ocupação do solo foram os principais fatores analisados, pois explicam a presença humana na área, o que aumenta o risco de incêndios por causas acidentais e intencionais (TORRES et al., 2017). Nesse estudo não será considerado o risco de incêndios por causas naturais, uma vez que são de difícil previsão. A maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais é na época seca, sendo que na maioria das ocorrências, as causas estão relacionadas a ações antrópicas (INPE, 2019).

Média ponderada para determinação do risco final de incêndios

De posse do cálculo dos escores de cada variável, para a obtenção do mapa final de risco de incêndios foi feito o intercruzamento dos mapas das variáveis utilizadas por

meio de uma média ponderada dos escores (OLIVEIRA, 2002), sendo que as variáveis mais importantes para explicar a ocorrência dos incêndios receberam maior peso. A Tabela 6 mostra o peso atribuído a cada variável utilizada nesse estudo.

Tabela 6 – Pesos atribuídos a cada variável analisada para elaboração do mapa de risco de incêndios florestais do município de Itinga-MG.

Variáveis	Peso
Aspecto	0,10
Declividade	0,15
Distância das sedes municipais	0,25
Distância da rodovia e estradas secundárias	0,25
Classes de uso e ocupação do solo	0,25

Fonte: Autoria própria.

Assim, o risco final de incêndios foi calculado pela Equação (1) (OLIVEIRA 2002, RIBEIRO et al., 2008):

$$Risco = (As \cdot 0,1) + (De \cdot 0,15) + (DM \cdot 0,25) + (DR \cdot 0,25) + (UO \cdot 0,25) \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

As: valor do escore atribuído à variável aspecto;

De: valor do escore atribuído à variável declividade;

DM: valor do escore atribuído à variável distância das sedes municipais;

DR: valor do escore atribuído à variável distância da rodovia e estradas secundárias;

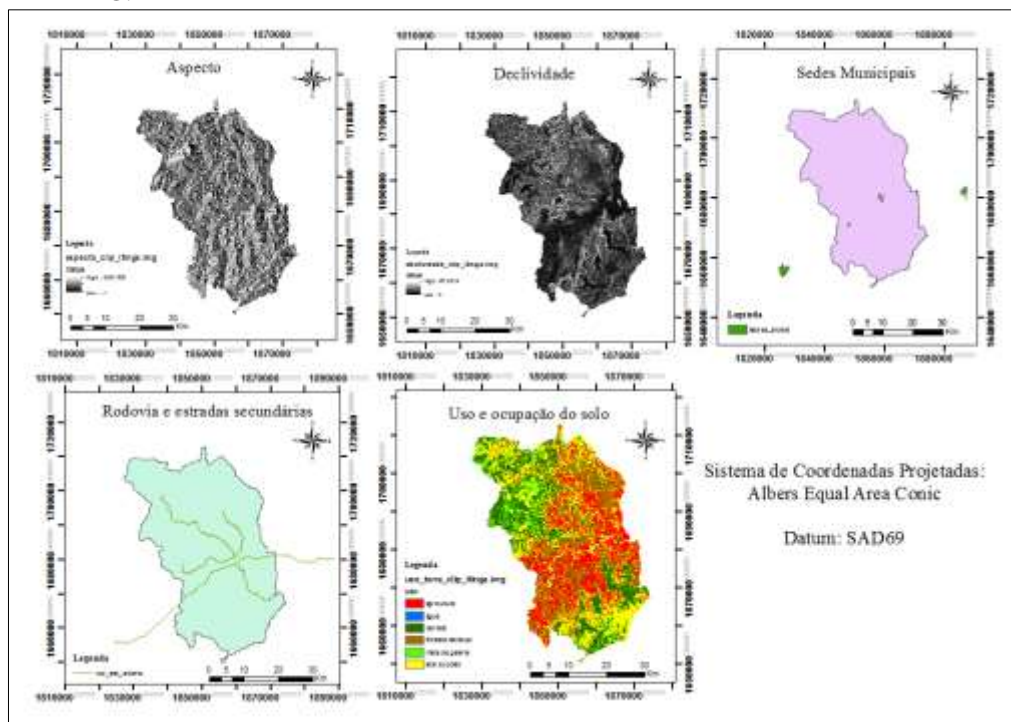
UO: valor do escore atribuído à variável classes de uso e ocupação do solo.

De posse dos valores de Risco calculado, foi feito o agrupamento em cinco classes de risco: Muito baixo, com valor do Risco inferior a 1; Baixo, de 1 a 2; Médio, de 2 a 3; Alto, de 3 a 4; e, Muito Alto, se o valor do Risco calculado for igual ou superior a 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os mapas iniciais elaborados a partir dos dados obtidos por meio de imagem do Modelo Digital de Elevação (INPE, 2021), mapeamentos do *Software Google Earth Pro* (GOOGLE, 2020) e a classificação da imagem *Landsat 8* a partir do método Supervisionado.

Figura 2 – Mapas iniciais gerados a partir dos dados brutos, construídos para aplicação dos escores atribuídos às variáveis utilizadas para construção do risco de incêndios no município de Itinga-MG.



Fonte: Autoria própria.

De posse dos mapas iniciais, foram elaborados os mapas preliminares a partir da aplicação dos escores atribuídos às variáveis: Aspecto, Declividade, Distância das sedes municipais, Distância da rodovia e estradas secundárias e, por fim, uso e ocupação do solo, sendo que os resultados para cada variável são apresentados a seguir.

Aspecto

Verifica-se que a orientação das encostas da área estudada é, na sua maioria (77,68%), voltada para as posições mais susceptíveis à ocorrência de incêndios, totalizando 93.209,31 hectares (Tabela 7).

Tabela 7 – Área (em hectares e percentual) obtida para cada classe de escore de acordo à orientação da encosta.

Variável	Escore	Área em hectares (ha)	Área em porcentagem (%)
Aspecto	5	30.167,64	25,14
	4	31.883,13	26,57
	3	31.158,54	25,97
	2	13.727,61	11,44
	1	13.061,70	10,88

Fonte: Autoria própria.

A orientação da encosta está relacionada com a produtividade vegetal e secagem do material combustível, devido à incidência solar. Conforme Ribeiro et al., (2008), a exposição de um terreno é fator essencial na probabilidade de ocorrência e propagação de um incêndio. No hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte, transmitindo maior quantidade de calor para essa exposição do que para as outras. A face oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia, seguida da face leste. A face sul é a que menos recebe radiação.

Em termos de Aspecto, a maior parte das encostas está orientada nas direções entre 45° a 90° e entre 270° a 315° em relação ao Norte (0°), indicando que as áreas do município de Itinga, são muito susceptíveis à ocorrência de incêndios a partir desta variável.

Declividade

Em relação a variável declividade, verifica-se que no município de Itinga há predomínio de declividades inferiores à 20° (aproximadamente 92,72%), totalizando uma área equivalente a 111.257,28 hectares (Tabela 8). Esse resultado mostra que em termos de declividade, a área do município pode ser considerada de baixa susceptibilidade aos incêndios florestais.

Tabela 8 – Área (em hectares e percentual) obtida para cada classe de escore de acordo à declividade estimada para o município de Itinga-MG.

Variável	Declividade (graus)	Escore	Área em hectares (ha)	Área em porcentagem (%)
Declividade	> 30°	5	1.014,03	0,85
	20° - 30°	4	7.727,31	6,44
	10° - 20°	3	41.753,07	34,79
	5° - 10°	2	39.176,28	32,65
	< 5°	1	30.327,93	25,27

Fonte: Autoria própria.

A declividade de um terreno possui grande influência em eventos de incêndios com interferência direta na orientação e velocidade de propagação das chamas (KOCHER et al., 2017). Ribeiro et al., (2008), explicam que o relevo, dentre outros fatores, influencia no tipo de vegetação e na quantidade de material combustível. Em áreas com declive acentuado o fogo se propaga com maior rapidez nos aclives, e menor nos declives, tendo comportamento semelhante a favor e contra o vento concomitantemente.

Além das questões relacionadas à propagação do fogo, conhecer a declividade do terreno é fundamental no momento do combate ao incêndio, pois permite elaborar um planejamento mais eficiente de deslocamento a locais de difícil acesso.

Distância das sedes municipais

A proximidade de sedes municipais foi uma variável considerada importante no mapeamento dos riscos de incêndios para a região estudada. Visto que a ação antrópica é o principal fator responsável pela ignição de incêndios (GÜNGÖROĞLU, 2017). Pelos resultados obtidos, constatou-se que distâncias superiores a 2 mil metros se destacaram com maior representatividade da área municipal, com 96,46% da área total do município, equivalente a uma área de 159.135,12 hectares (Tabela 9). Este resultado indica que para esta variável, a área do município pode ser considerada de baixa susceptibilidade aos incêndios florestais.

Tabela 9 – Área (em hectares e percentual) calculada para cada classe de escore de acordo à proximidade das sedes municipais ou adensamentos urbanos para o município de Itinga-MG.

Variável	Distância (Km)	Escore	Área em hectares (ha)	Área em porcentagem (%)
Distâncias das sedes municipais	0 – 2.000	5	5.830,83	3,53
	2.000 – 5.000	4	18.711,36	11,34
	5.000 – 10.000	3	37.137,51	22,51
	10.000 – 20.000	2	61.426,71	37,24
	> 20.000	1	41.859,54	25,37

Fonte: Autoria própria.

Vale ressaltar que este resultado poderia ser diferente se fossem consideradas todas as comunidades rurais presentes no município. A presença humana nessas comunidades proporciona maior risco de ocorrência de incêndios devido à utilização do fogo principalmente para limpeza de áreas que serão destinadas a agricultura posteriormente. Entretanto, mapear o grande número de comunidades distribuídas na área implicaria em um elevado tempo de trabalho, e, provavelmente o esforço investido poderia não resultar em alterações significativas no mapa final de risco de incêndios.

Distância da rodovia e estradas secundárias

Com base nos resultados apresentados na Tabela 10, constatou-se que 84,5% da área municipal foi classificada como distância superior a 1000 metros de rodovias e estradas secundárias, totalizando uma área de 139.398,12 hectares, o que sugere que a

área do município pode ser considerada de baixa susceptibilidade aos incêndios florestais, considerando esta variável separadamente.

Tabela 10 – Área (em hectares e percentual) calculada para cada classe de escore de acordo à proximidade da rodovia e estradas secundárias para o município de Itinga-MG.

Variável	Distância (m)	Escore	Área em hectares (ha)	Área em porcentagem (%)
Distância da rodovia e estradas secundárias	0 a 100	5	2.910,06	1,76
	100 a 500	4	10.345,77	6,27
	500 a 1.000	3	12.312,00	7,46
	1.000 a 5.000	2	69.895,17	42,37
	> 5.000	1	69.502,95	42,13

Fonte: Autoria própria

Convém ressaltar que não foi possível mapear as estradas secundárias, optando-se por mapear apenas as de maior fluxo de veículos. Provavelmente, o mapeamento de uma maior quantidade de estradas secundárias proporcionaria alterações nos resultados apresentados na Tabela 10 e maior exatidão das áreas calculadas para os escores apresentados no mapa de risco de ocorrência de incêndios.

De acordo com Ribeiro et al., (2008) as estradas podem ser fatores desencadeadores de risco proeminente de incêndios florestais e devem ser consideradas quando se realiza uma análise de zoneamento de riscos de fogo. Já Silveira et al., (2008) afirmam que as áreas marginais às rodovias estão relacionadas ao alto risco de incêndios florestais por serem sujeitas a incêndios de veículos, cargas e fogueiras produzidas por transeuntes.

Uso e ocupação do solo

O Mapa de uso e ocupação do solo é importante para o planejamento de combate aos incêndios por apresentar a distribuição da hidrografia e cobertura do terreno (SOUSA; BARBOSA; PEREIRA, 2021). A área em hectares e seus respectivos valores percentuais para cada classe de uso e cobertura do solo do município de Itinga são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 –Área (em hectares e percentual) ocupada por cada classe de uso e cobertura do solo para o município de Itinga-MG.

Classe de Uso e Ocupação do solo	Escore	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	5	35.652,78	21,61
Cerrado	4	36.153,63	21,92
Floresta	3	36.333,63	22,03
Mata de galeria	2	7.501,41	4,55
Solo exposto	1	48.864,42	29,62
Água	0	458,37	0,28

Fonte: Autoria própria.

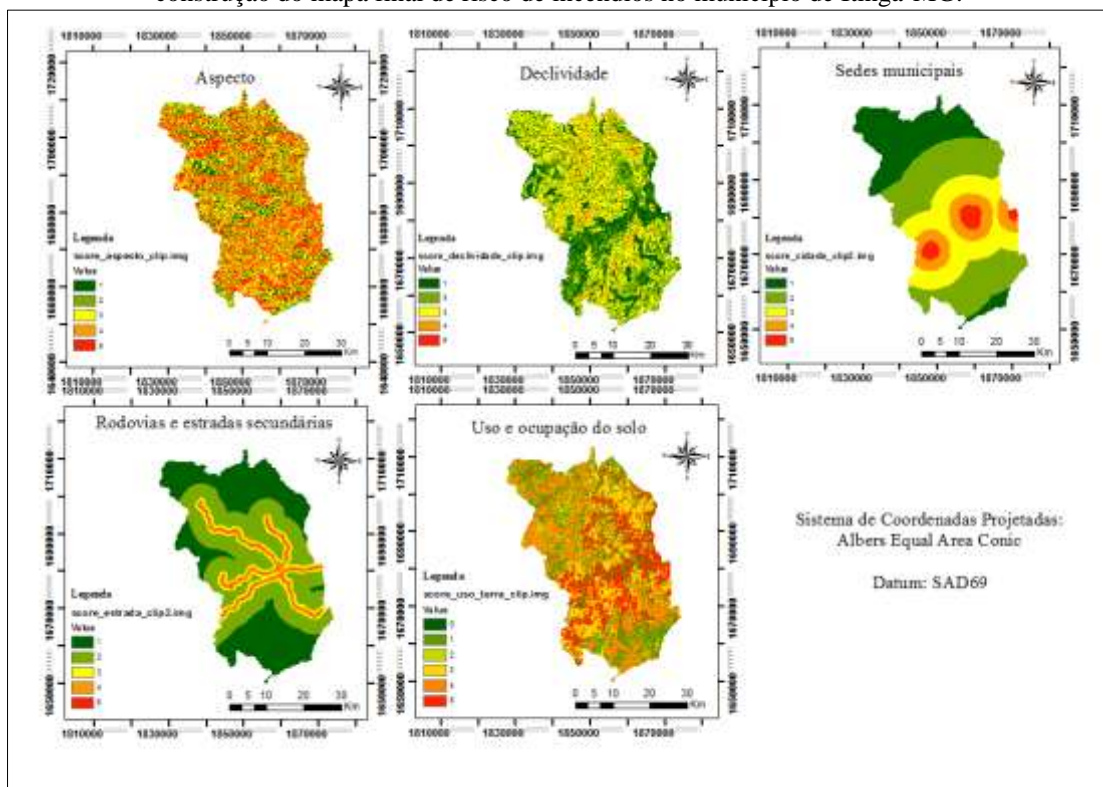
Conforme a Tabela 11, na área do presente estudo a principal classe de uso e ocupação foi Solo exposto, seguido de Floresta Estacional Decidual, Cerrado e Agricultura. Este resultado pode ser explicado devido ao fato da imagem ter sido obtida no mês de agosto, que é um período extremamente seco, mês em que há maior dificuldade de captar diferenças na reflectância da vegetação, devido ao tempo seco e as altas temperaturas.

Ainda com relação aos resultados da Tabela 11 verifica-se que 65,65% (equivalente a 108.140,04 hectares) receberam escore igual ou superior a 3, sugerindo que considerando a variável uso e ocupação do solo, o município de Itinga apresenta maior susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais.

Ribeiro et al., (2008) cometam que os sistemas agrossilvipastoris são os mais propensos ao risco de incêndios florestais, devido ao tipo de manejo, utilizando-se o fogo, em razão de seu baixo custo e outros benefícios. Verifica-se que 21,61% do território municipal foi classificado como Agricultura, o que confirma a maior susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais a partir do uso e ocupação do solo.

Na Figura 3 são apresentados os mapas construídos a partir dos escores atribuídos para as variáveis Aspecto, Declividade, Sedes Municipais, Distância de Rodovias e Uso e Ocupação do Solo, produzidos para gerar o mapa final de risco de incêndios para o município de Itinga- MG.

Figura 3 – Mapas preliminares obtidos a partir dos escores atribuídos às variáveis utilizadas para construção do mapa final de risco de incêndios no município de Itinga-MG.



Fonte: Autoria própria.

Mapa de risco de incêndios

Analisando o escore final do risco de incêndio calculado para o município de Itinga-MG (Tabela 12), verificou-se que aproximadamente 54% das áreas foram classificadas com risco “Médio” de ocorrência de incêndios, equivalendo a uma área de 64.790 hectares. A segunda classe com maior representatividade foi a de “Baixo” risco de incêndios, com aproximadamente 26% da área total (31.152 hectares). Em seguida, a classe de “Alto” risco de incêndios ficou com a terceira posição com aproximadamente 19% da área total do município, equivalendo a 22.674 hectares, e finalmente, as classes de “Muito Alto” e “Muito Baixo” risco de incêndios, com 1,00% e 0,15% do território municipal, e áreas de 1.205 e 174,60 hectares, respectivamente.

Tabela 12 – Área (em hectares e percentual) ocupada por cada classe de escore do risco de incêndio do município de Itinga-MG

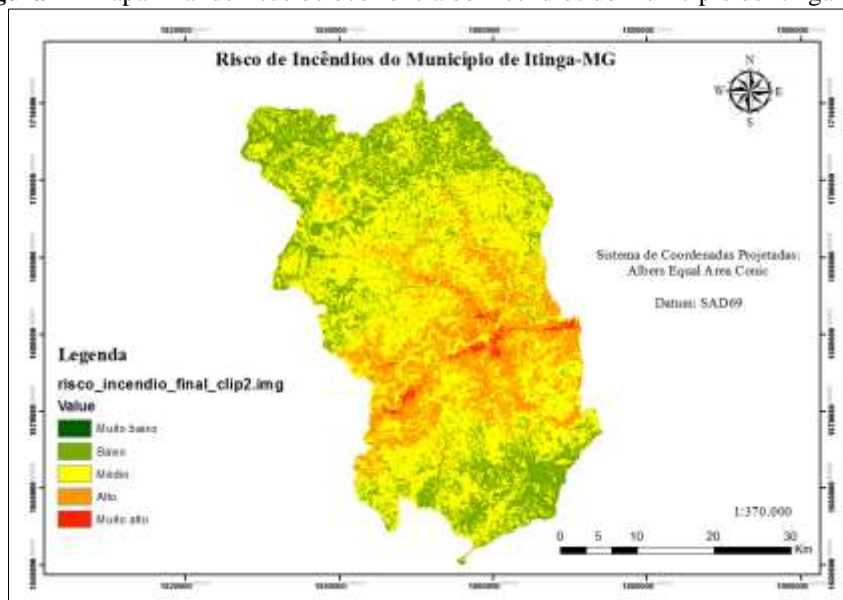
Risco de Incêndio	Escore	Área (ha)	Área (%)
Muito alto	5	1.205,37	1,00
Alto	4	22.673,97	18,90
Médio	3	64.790,37	53,99
Baixo	2	31.152,06	25,96
Muito baixo	1	174,60	0,15

Fonte: Autoria própria.

Ribeiro et al., (2008) elaborando o zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, em Pinhais-PR, verificaram que a área foi classificada como risco 'Moderado' com 56,6%, seguido do risco 'Alto' com 24% e o risco 'Baixo' com 19,4% da área.

As áreas de maior risco de ocorrência de incêndios estão associadas aos locais onde há ocupação humana, com agricultura e presença de estradas (Figura 4). Estes locais estão mais sujeitos à ocorrência de incêndios florestais devido à pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais. Por outro lado, as áreas com menor risco de incêndios estão localizadas nas porções Norte e Sul do município, possivelmente por serem os locais mais distantes dos agrupamentos urbanos e sedes municipais, além da menor concentração de estradas.

Figura 4– Mapa final de risco de ocorrência de incêndios do município de Itinga-MG.



Fonte: Autoria própria.

Para Santos et al., (2006) e Torres et al. (2010), a principal causa dos incêndios florestais no Brasil é a atividade antrópica no meio rural, representada por diferentes tipos de comportamento, que vão de um simples descuido com o uso do fogo até o seu uso doloso.

Corroborando com os resultados do presente estudo, Silveira et al., (2008) realizando o mapeamento de risco de incêndios florestais na Bacia do Rio Corumbataí no Estado de São Paulo, constataram que as classes de maior risco de incêndios estão associadas à proximidade de estradas e aos centros urbanos. Resultados semelhantes

foram obtidos por Torres et al. (2014), mapeando a suscetibilidade à ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG, os autores acrescentam ainda que sem o agente causador (em sua maioria antrópico) não há ocorrência de incêndios. Por sua vez, Torres et al., (2017) mapeando o risco de incêndios florestais no município de Viçosa-MG, observaram que há uma diminuição das ocorrências de incêndios à medida que se aumenta a distância dos eixos das estradas e das áreas urbanas.

Conforme a classificação de risco de incêndios apresentada na Tabela 12, 1,00% da área do município de Itinga foi classificada com risco “Muito alto” de ocorrência de incêndios, em termos percentuais esse pode parecer um valor baixo, porém vale ressaltar que se trata de uma área extensa, com mais de 1.200 hectares. Provavelmente, se todas as estradas secundárias tivessem sido mapeadas, além de todos os povoados e vilas do município, os resultados deste trabalho poderiam ser alterados, havendo aumento considerável da área classificada com risco “Muito Alto” para a ocorrência de incêndios florestais. Ribeiro et al., (2008) comentam que mesmo as estradas sendo estreitas e com baixo trânsito de veículos e pessoas, resultarão em algum impacto que, por menor que seja, não deve ser ignorado em trabalhos de zoneamento do fogo.

Levando em conta a grandeza dos prejuízos causados à Fauna, Flora, Solo e Atmosfera proporcionada pelos incêndios, é conveniente a adoção de técnicas que visem a prevenção dos incêndios florestais, além daquelas relacionadas ao monitoramento e combate dos incêndios na região estudada.

Deve-se ressaltar que a maioria dos incêndios florestais podem ser evitados, e isso pode ser feito através da conscientização dos cidadãos sobre as técnicas de combate, controle e difusão do uso da queima controlada, quando necessária. A manutenção e abertura de aceiros, principalmente nas beiras das estradas principais, também diminui as chances de ocorrência dos incêndios florestais.

É importante que se crie uma brigada de incêndios formada pela sociedade civil e poder público visando a aquisição de equipamentos, treinamento e capacitação de brigadistas, além do monitoramento das áreas com maior susceptibilidade, com o objetivo de minimizar a ocorrência e aumentar as possibilidades de sucesso no combate aos incêndios florestais que possam vir a ocorrer na região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados, concluímos que o uso das geotecnologias como ferramentas aplicadas na identificação e mapeamento dos riscos de incêndios no município de Itinga-MG trouxe agilidade no processo de obtenção dos níveis de risco de incêndios na área, onde os produtos cartográficos gerados podem auxiliar os gestores no processo de tomadas de decisões e no planejamento de estudos que visem minimizar dos danos causados pelas interferências antrópicas, que se constitui como a principal fonte de incêndios sejam eles acidentais ou não.

As áreas mais susceptíveis à ocorrência de incêndios florestais estão localizadas na região central do município, devido à proximidade de agrupamentos urbanos, rodovias e presença de locais com desenvolvimento de atividades agrícolas.

Aproximadamente 54% da área de Itinga-MG foi classificada com risco “Médio” de ocorrência de incêndios, enquanto que 19% foi considerada com risco “Alto” e apenas 1% da área municipal foi classificada com risco “Muito Alto” de susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais.

REFERÊNCIAS

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

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Mata atlântica**, 2020. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Geoinformática**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2004, 346 pg. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 06 jul. 2021.

GÜNGÖROĞLU, Cumhur. Determination of forest fire risk with fuzzy analytic hierarchy process and its mapping with the application of GIS: The case of Turkey/Çakırlar. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, v. 23, n. 2, p. 388-406, 2017.

GOOGLE LLC. 2020. **Google Earth Pro**, versão 7.3.3.7786 (64-bit).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **IBGE Cidades**, 2022. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang>. Acesso em: 06 jun. 2022.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos, Rio de Janeiro, Brazil, p. 272, 2012.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-2010**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 23 jun. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 06 jun. 2021.

OLIVEIRA, D. S.; BATISTIA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento do risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PNUD. Programa das nações unidas para o desenvolvimento (pnud); instituto de economia aplicada (IPEA); fundação Joao pinheiro (FJP); **Atlas de desenvolvimento humano do Brasil** (*software*). Rio de Janeiro, set. 2003.

QGIS.org, 2021. QGIS 3.16. **Geographic Information System API Documentation**. QGIS Association. Electronic document: Disponível em: <https://qgis.org/pyqgis/3.16/index.html>. Acesso em: 06 jul. 2021.

RIBEIRO, E. M.; GALIZONI, F.M. **Jequitinhonha: terra, lavoura e migração no Alto Jequitinhonha**. Porto Alegre: Ed. UFRGZ, 2013. p. 25-44.

RIBEIRO, E. M. **Sete estudos sobre a agricultura familiar do Vale do Jequitinhonha**. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2013. 192 p.

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). **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.

RODRIGUES, M. F.; ROCHA, F. E. de C.; DALLA CORTE, J. L.; SALVIATI, M. E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Aspectos Motivacionais para o uso do fogo na agricultura no Distrito Federal e entorno**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2016. 108 p.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SILVA, C.A.R. Agravos à saúde gerados no período de seca. In: **Anais do VI Fórum de Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais no Distrito Federal**. Secretaria de meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal – GDF, Brasília, 2003.

SILVA, C. R. **Avaliação do risco geológico à exposição de elementos químicos à saúde ambiental, na região de Araçuaí-Itinga, Minas Gerais – Brasil**. 2011. 138f. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. O, A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 259-268, 2008.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Florestas**, 2020. Disponível em: <http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica>. Acesso em: 07 jul. 2020.

SOUSA, K. H. S.; COELHO, S. C. B.; PEREIRA, M. A. Zoneamento de Riscos de Incêndios Florestais no Parque Estadual Serra do Rola Moça – MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 39536-39557, 2021.

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

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 811-817, 2014.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; FARIA, A. L. L. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00025615, 2017.

WHITE, L. A. S.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Modelagem espacial do risco de incêndio florestal para o Município de Inhambupe, BA. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 41-49, 2016.