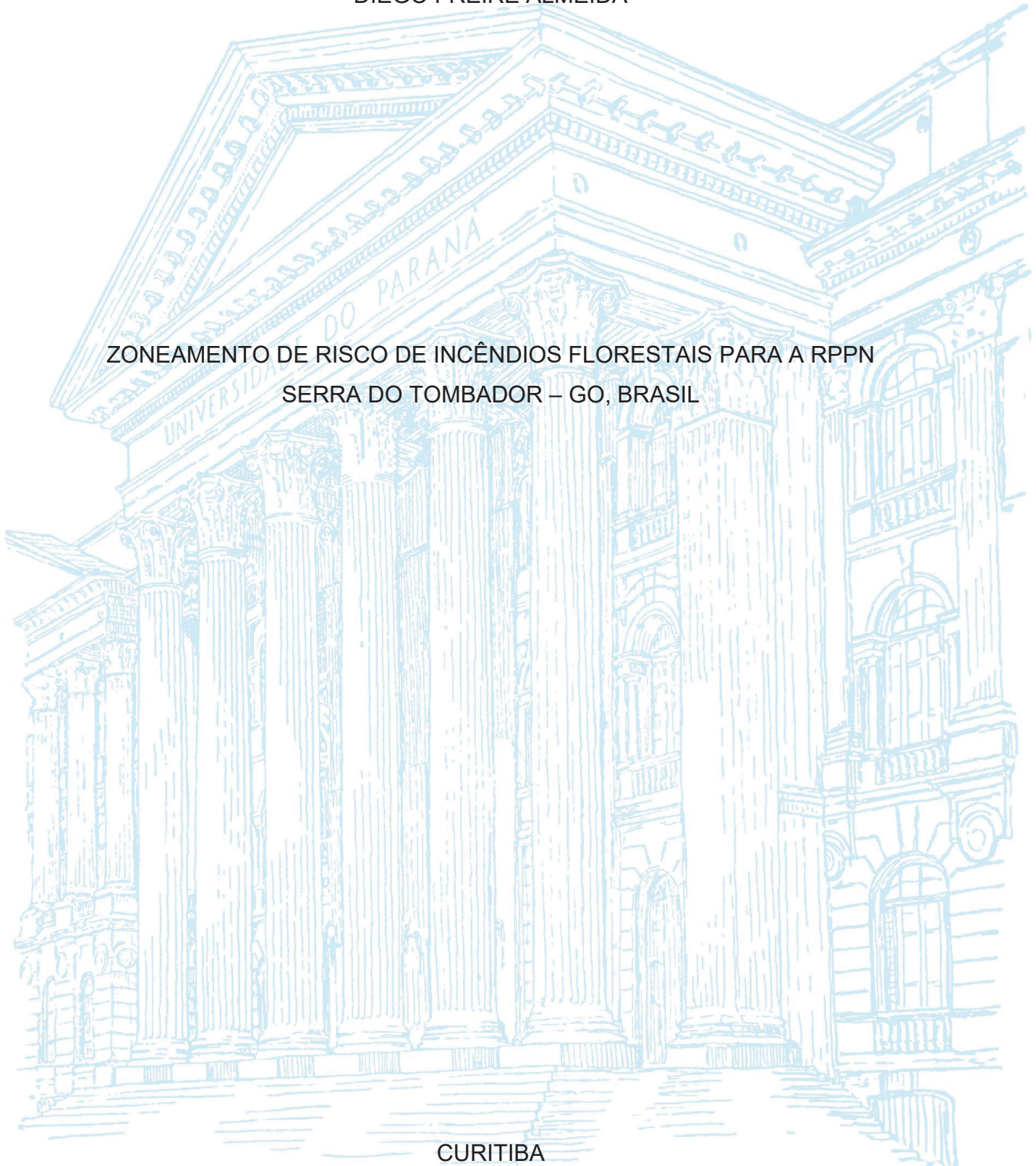


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DIEGO FREIRE ALMEIDA

ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA A RPPN
SERRA DO TOMBADOR – GO, BRASIL



CURITIBA

2023

DIEGO FREIRE ALMEIDA

ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA A RPPN
SERRA DO TOMBADOR – GO, BRASIL

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

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto
Coorientadora: Dra. Bruna Kovalsyki

CURITIBA

2023

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

Almeida, Diego Freire

Zoneamento de risco de incêndios florestais para a RPPN Serra do Tombador – GO, Brasil / Diego Freire Almeida. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Coorientadora: Dra. Bruna Kovalsyki

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 27/02/2023.

1. Incêndios florestais – Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador (GO). 2. Incêndios florestais – Prevenção. 3. Fogo e ecologia – Goiás (GO). 4. Área de conservação de recursos naturais. 5. Cerrados. I. Tetto, Alexandre França. II. Kovalsyki, Bruna. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.43(817.3)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DIEGO FREIRE ALMEIDA** intitulada: **ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA A RPPN SERRA DO TOMBADOR GO, BRASIL**, sob orientação do Prof. Dr. ALEXANDRE FRANÇA TETTO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Fevereiro de 2023.



ALEXANDRE FRANÇA TETTO

Presidente da Banca Examinadora



ALEXANDRE BEUTLING

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL)



ANTONIO CARLOS BATISTA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Durante a minha graduação sempre pensei e fui motivado pelos meus professores a seguir a carreira acadêmica, e logo o mestrado serviu como uma oportunidade para minha evolução intelectual. Em 2020, comecei esse grande desafio pessoal. Foi o ano que o mundo parou diante de uma pandemia, um vírus que mudou drasticamente tudo o que conhecemos. Foi um mestrado totalmente diferente do usual, híbrido, e junto com ele vários outros desafios que até então ninguém esperava. Conseguimos vencer a pandemia e a minha dissertação é a prova clara de minha superação pessoal.

Dessa forma queria agradecer:

Primeiramente a Deus, pois sem o seu amor e sua proteção infinita eu nada seria.

À minha família, em especial minha mãe Lucia, que me deu todo amor, suporte e abrigo emocional que precisei. Ao meu pai, Gilvan, por nunca ter deixado de acreditar em mim. A minha irmã Alice, pela amizade e por sempre estar por perto.

Ao meu namorado Daniel, que mostrou ser meu companheiro nas horas mais difíceis, dando amor e carinho em momento tão difícil, onde sei que sem ele não teria conseguido concluir minha dissertação, meu muito obrigado.

Ao meu orientador Alexandre França Tetto e minha coorientadora Bruna Kovalsky por serem meus grandes mentores e incentivadores, obrigado pela oportunidade da orientação e pela paciência. Obrigado ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR pelo apoio prestado.

Aos amigos que me ajudaram diretamente e indiretamente na confecção dessa dissertação tanto dando suporte emocional quanto intelectual, Jossimara Ferreira, Fernanda Moura, Heitor Ferreira, Enison, Victor França, André Lucas, Luciana, Fabiano, Ellen, Yarla, Joao Pedro Tosta, Jayne, Myllana, Polary, Felipe Reis, Ana Paula Andrade, Lucas Costa e a todos os amigos e colegas que estiveram presentes ao longo dessa jornada, tanto nos de dificuldade, como também nos de conquista e felicidade.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade do curso de mestrado, e seu corpo docente, por me fazer crescer como pessoa e como

profissional. Também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida. A Fundação Grupo Boticário pelo fornecimento de dados utilizados no trabalho, em especial o gestor da unidade André Luís S. Zecchin.

Apesar dos percalços, tenho orgulho de ter me formado em uma universidade pública de direito, de conseguir passar por uma pandemia e ainda assim conseguir terminar um curso de mestrado.

Por fim, meu muito obrigado a todos.

“Trabalhe duro e em silêncio. Deixe que seu sucesso faça o barulho”.

Dale Carnegie

RESUMO

Os incêndios em florestas são uma preocupação mundial, pois estes modificam drasticamente os ecossistemas. Um dos recursos utilizados para o planejamento preventivo do combate do fogo é o Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF), que permite a observação espacial de áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de incêndios. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um zoneamento de risco de incêndios florestais para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador, com a finalidade de assessorar nas ações dos programas de manejo da unidade de conservação. Foi realizada uma análise dos registros de ocorrência de incêndios (ROIs) e das cicatrizes observadas de fogo na reserva entre 2013 e 2020. O zoneamento de risco de incêndios florestais incluiu uma área de influência (*buffer* de 1 km) a partir do limite da unidade de conservação. Os fatores considerados na construção do ZRIF da RPPN foram a cobertura vegetal, as estradas, a declividade e a orientação das encostas, onde para cada parâmetro foi feito um mapa temático de perigo de incêndios, e por meio da sobreposição dos mapas de acordo com o modelo de ponderação foi gerado o zoneamento. Os registros de ocorrências de incêndios da RPPN foram obtidos individualmente, foram tabulados e analisados dados dos ROIs da UC para o período de 2013 a 2020. Os incêndios foram categorizados conforme as classes de tamanho propostas por Ramsey e Higgins. Com o intuito de complementar as informações dos ROIs e elaborar um mapa de frequência de queima para a RPPN, foram determinadas as cicatrizes de fogo referentes ao período de 2013 a 2020, obtidas de imagens do satélite *Landsat 8*. Considerando o ZRIF, 66,36% da reserva foi classificada com risco de alto a extremo. Os resultados sugerem que as características analisadas (cobertura vegetal, declividade, orientação das encostas e as estradas) podem favorecer o ingresso, a propagação e o comportamento do fogo. Os principais aspectos que influenciaram no mapa final foram a vegetação e a estrada existente. As formações savânicas e campestres consistiram nas fitofisionomias com maior susceptibilidade à incêndios florestais, especialmente quando relacionadas à aspectos físicos como alta declividade e a orientação das vertentes. Os registros de ocorrências de incêndios da reserva, mesmo em sua maioria com informações ausentes, se mostraram eficaz na tabulação de dados referente ao demonstrativo do fogo no local. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o zoneamento de risco de incêndio florestal proposto neste trabalho permitiu uma melhor visualização da distribuição espacial do risco de incêndios, bem como a identificação de áreas prioritárias para o manejo do fogo.

Palavras-chave: Reserva; unidade de conservação; fogo; cerrado.

ABSTRACT

Forest fires are a worldwide concern, as they drastically modify ecosystems. One of the resources used for preventive planning of fire fighting is the Forest Fire Risk Zoning (ZRIF), which allows the spatial observation of areas with greater or lesser probability of fire occurrence. In this sense, the objective of this work was to develop a forest fire risk zoning for the Serra do Tombador Natural Heritage Private Reserve, with the purpose of advising on the actions of the conservation unit's management programs. An analysis of fire occurrence records (ROIs) and observed fire scars in the reserve between 2013 and 2020 was carried out. Forest fire risk zoning included an area of influence (1 km buffer) from the boundary of the unit of conservation. The factors considered in the construction of the RPPN's ZRIF were the vegetation cover, the roads, the slope and the orientation of the slopes, where a thematic map of fire danger was made for each parameter, and by superimposing the maps according to the weighting model the zoning was generated. Records of fire occurrences at the RPPN were obtained individually, ROI data from the UC for the period from 2013 to 2020 were tabulated and analyzed. Fires were categorized according to the size classes proposed by Ramsey and Higgins. With the aim of complementing the information from the ROIs and preparing a burning frequency map for the RPPN, the fire scars for the period from 2013 to 2020 were determined, obtained from Landsat 8 satellite images. Considering the ZRIF, 66.36 % of reserve was classified as high to extreme risk. The results suggest that the characteristics analyzed (vegetable cover, slope, orientation of slopes and roads) may favor the entry, propagation and behavior of fire. The main aspects that influenced the final map were the vegetation and the existing road. The savanna and grassland formations consisted of the phytophysionomies with the greatest susceptibility to forest fires, especially when related to physical aspects such as high declivity and the orientation of the slopes. The records of occurrences of fires in the reserve, even for the most part with missing information, proved to be effective in tabulating data regarding the demonstration of fire in the area. From the results obtained, it was possible to conclude that the forest fire risk zoning proposed in this work allowed a better visualization of the spatial distribution of fire risk, as well as the identification of priority areas for fire management.

Keywords: Reserve; conservation unit; fire; thick.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SERRA DO TOMBADOR	25
FIGURA 2 - ZONEAMENTO DA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	26
FIGURA 3 - SEDE DA RPPN SERRA DO TOMBADOR	27
FIGURA 4 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE CAVALCANTE-GO	27
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	28
FIGURA 6 - FORMAÇÕES VEGETACIONAIS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR	29
FIGURA 7 - ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO MAPA DE FREQUÊNCIA DE FOGO DA RPPN.....	31
FIGURA 8 - RPPN SERRA DO TOMBADOR E SUA ÁREA DE INFLUÊNCIA	31
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CICATRIZES DE FOGO ANALISADAS PARA CADA ANO DO PERÍODO DE 2013 A 2016	38
FIGURA 10 -DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CICATRIZES DE FOGO ANALISADAS PARA CADA ANO DO PERÍODO DE 2017 A 2020	39
FIGURA 11 -INCÊNDIO FLORESTAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR EM 2017	40
FIGURA 12 -FREQUÊNCIA DE FOGO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR E SEU ENTORNO PARA PERIODO DE 2013 A 2020.....	45
FIGURA 13 -PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM A COBERTURA VEGETAL	48
FIGURA 14 -PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS.....	50
FIGURA 15 -PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM A DECLIVIDADE	52
FIGURA 16 -PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM AS ESTRADAS.....	54
FIGURA 17 -ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A COBERTURA VEGETAL.....	32
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A DECLIVIDADE.....	33
TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS	33
TABELA 4 - CLASSES DE RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	34
TABELA 5 - REGISTRO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NA RPPN SERRA DO TOMBADOR DE 2013 A 2020.....	35
TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS PRESENTES NO ROI DA RPPN SERRA DO TOMBADOR, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020	36
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS CICATRIZES DE FOGO, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020	36
TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS PRESENTES NO ROI DA RPPN SERRA DO TOMBADOR, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020.....	41
TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS CICATRIZES DE FOGO, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020	42
TABELA 10 -CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBTIDAS POR MEIO DO ROI, CONFORME O PROPOSTO POR RAMSEY E HIGGINS.....	43
TABELA 11 -CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBTIDAS POR MEIO DAS CICATRIZES, CONFORME O PROPOSTO POR RAMSEY E HIGGINS.....	43
TABELA 12 -TEMPO DE COMBATE DO FOGO DE ACORDO COM O ROI.....	44
TABELA 13 -FREQUÊNCIA DE FOGO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	45
TABELA 14 -REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGODE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A COBERTURA VEGETAL	47
TABELA 15 -REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS	49

TABELA 16 -REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A DECLIVIDADE	51
TABELA 17 -REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM AS ESTRADAS	53
TABELA 18 -CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIOS NA RPPN SERRA DO TOMBADOR	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1	FOGO E A FLORESTA.....	18
3.1.1	O fogo e o Cerrado	19
3.2	MONITORAMENTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	20
3.3	ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	22
3.3.1	Relevo.....	23
3.3.2	Vegetação e material combustível	23
3.3.3	Influência humana e estradas	24
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	ÁREA DE ESTUDO	25
4.2	REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS.....	29
4.3	ANÁLISE DE CICATRIZES DE FOGO	30
4.4	ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS	31
4.2.1	Construção dos mapas de risco e perigo de incêndio	32
4.2.2	Integração dos mapas de risco e perigo de incêndio.....	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1	OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	35
5.1.1	Distribuição anual dos incêndios florestais	35
5.1.2	Distribuição mensal dos incêndios florestais	41
5.1.3	Classes de tamanho	42
5.1.4	Demais informações	43
5.1.5	Frequência de fogo	44
5.2	ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS.....	46
5.2.1	Cobertura vegetal	46
5.2.2	Orientação das encostas	49
5.2.3	Declividade	51
5.2.4	Estradas.....	52
5.2.5	Zoneamento de risco de incêndios da RPPN Serra do Tombador	54

5.3	MONITORAMENTO CONTÍNUO E RECOMENDAÇÕES	57
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE 1 –	ROI UTILIZADO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR (MODELO 1).....	69
APÊNDICE 2 –	ROI UTILIZADO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR (MODELO 2).....	70
APÊNDICE 3 –	RESUMO DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR.....	71

1 INTRODUÇÃO

Incêndios florestais recorrentes causam perturbações na fauna (WANG *et al.*, 2015), afetam a regeneração das plantas (CERDÀ *et al.*, 2017), influenciam nas características físicas, químicas e biológicas do solo (PEREIRA *et al.*, 2016), afetam a infiltração de água no solo e ainda na percolação de nutrientes devido ao aumento do escoamento superficial (KEESSTRA *et al.*, 2018). A dinâmica de um incêndio florestal vai depender do agente causador, seja natural ou antrópico, das condições edafoclimáticas do local, das condições do combustível existente, do uso e ocupação do solo e das condições intrínsecas de intervenções antrópicas sob o manejo cultural local.

No Brasil, historicamente faz-se uso do fogo para limpeza de áreas agrícolas ou florestais, com propósito de renovar pastagens, fazer a limpeza para plantio, controle de doenças e pragas e entre outros, muitas vezes evoluindo para incêndios de maiores proporções e com prejuízos incalculáveis.

Em ecossistemas dependentes do fogo como o Cerrado, o fogo também é causado naturalmente, e algumas espécies dependem do fogo para sua sobrevivência e perpetuação (MYERS, 2006). O fogo pode ser gerado por algumas fontes de ignições conhecidas, como a alta temperatura e pela incidência de raios, além da presença de componentes herbáceo-arbustivos que são combustíveis com alta inflamabilidade e com sua ocorrência no bioma (KOPROSKI, 2010).

Considerando que o bioma Cerrado é a savana mais biodiversa do mundo, apontada como um *hotspot* global de biodiversidade para conservação (KLINK; MACHADO, 2005; MYERS *et al.*, 2000) e nas últimas décadas têm sido frequentemente acometida pelo uso indiscriminado do fogo, onde entre os anos de 2002 e 2010, a área queimada no Cerrado caracterizou 73% (545.000 km²) do total de área queimada do Brasil (ARAÚJO; FERREIRA; ARANTES, 2012), se destaca como um alerta para conservação e proteção para este bioma.

Nessa problemática, a utilização de práticas e instrumentos que estejam associadas a prevenção e o combate de incêndios florestais são cada vez mais relevantes, onde tem o intuito de servir como suporte na intervenção dos mesmos, assegurando a sobrevivência e conservação destas áreas.

Um mecanismo utilizado para a conservação de áreas é a criação de Unidades de Conservação (UCs), asseguradas pelo Sistema Nacional de Unidades

de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000), que tem o intuito de salvaguardar as porções significativas e ecológicas de áreas a serem protegidas. Porém, nos últimos anos as UCs têm sido constantemente acometidas por incêndios, provocados principalmente pelo uso indiscriminado do fogo, como recurso de manejo agropecuário (MEDEIROS, 2002). Nesses locais, a ação e os efeitos do fogo devem ser avaliados com cautela para ajustar diretrizes que assegurem a melhor forma de restabelecimento das áreas modificadas (TEBALDI *et al.*, 2013).

Para esse planejamento, umas das ferramentas que se destaca para uso na prevenção e controle dos incêndios florestais são os Zoneamentos de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF), os quais proporcionam a observação espacial de áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de incêndios (KOVALSYKI, 2016).

Em unidades de conservação, um elemento que também auxilia na tomada de decisões é o Registro de Ocorrência de Incêndio (ROI), um documento tático composto de dados que vão desde a identificação do incêndio florestal até a sua debelação (MENDES, 2014). Em conjunto, é necessário localizar as áreas de maiores ocorrências de incêndios florestais, quantificando-os e observando as suas mudanças ao longo do tempo para entender a dinâmica do fogo (ALVARADO *et al.*, 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um zoneamento de risco de incêndios florestais para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador, com a finalidade de assessorar nas ações dos programas de manejo da unidade de conservação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar o registro de ocorrência de incêndios e as cicatrizes de fogo na RPPN Serra do Tombador;

Estabelecer as condições de risco e perigo de incêndios florestais da RPPN Serra do Tombador, bem como o seu nível de influência;

Auxiliar no planejamento de ações de combate e prevenção de incêndios da RPPN Serra do Tombador.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FOGO E A FLORESTA

O fogo pode ser interpretado como o fenômeno físico resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância combustível, com produção de calor, luz e, geralmente, chamas (SOARES, 1985). Nesse contexto, o comportamento do fogo é um termo utilizado para descrever as principais características da combustão, tanto em um incêndio florestal como em uma queima (BATISTA; BEUTLING; PEREIRA, 2013).

A queima controlada é a utilização do fogo de forma prescrita e conduzida dentro de limites pré-estabelecidos de intensidade, com objetivo de apenas manejar a vegetação (ARAÚJO; RIBEIRO, 2005).

Os incêndios florestais são definidos pela forma como o fogo se propaga em consequência da presença dos combustíveis florestais (CREMER, 2004; LOURENÇO *et al.*, 2006). Redin *et al.* (2011) indicam que os incêndios florestais não há controle das chamas e estas se propagam livremente, conforme as condições climáticas, topográficas e do material combustível, geralmente liberando quantidades significativas de energia e resultando em altas temperaturas. O incêndio se expande de acordo com as características do triângulo do fogo, combustível, comburente e agente ígneo (ONIGEMO, 2007).

O fogo possui um potencial destrutivo sobre as florestas, a agricultura, e o ecossistema em geral, ou seja, os incêndios têm capacidade de causar impactos ambientais, sociais e econômicos (GUIMARAES *et al.*, 2014). Na atualidade, os incêndios florestais são distribuídos e influenciados em sua maioria através de fatores antrópicos (ADÁMEK *et al.*, 2018). Segundo Kovalsyki (2020) o homem pode causar interferências nos regimes do fogo, através da modificação do tipo, da estrutura e do arranjo dos combustíveis em diferentes épocas e condições meteorológicas, motivadas por incêndios criminosos, gestão de recursos naturais e proteção de infraestrutura e de áreas urbanas (BOWMAN *et al.*, 2011).

Nesse sentido, surgem os termos de risco e perigo de incêndios florestais. De acordo com Brown e Davis (1973), o perigo está associado aos atributos do material combustível, que compõem uma condição favorável à ignição ou que impedem o funcionamento da supressão. Em contrapartida o risco de incêndio está

relacionado à chance de ocorrência do incêndio, de acordo com a presença e atividades dos agentes causais (FAO, 2003). Batista, Oliveira e Soares (2002) relatam que o grau de risco de incêndio é definido pela convergência entre diferentes variáveis ambientais que quando relacionados criam condições que ampliam o potencial de ocorrência e dificultam o controle do fogo.

3.1.1 O fogo e o Cerrado

Todo ecossistema possui um regime característico de fogo, Hardesty, Myers e Fulks (2005) e Myers (2006) os categorizaram em quatro ecorregiões: a) ecossistemas dependentes do fogo; b) independentes do fogo; c) sensíveis ao fogo; e d) influenciados pelo fogo. No qual os ecossistemas dependentes do fogo são aqueles que o fogo é essencial e onde as espécies evoluíram adaptações para responder positivamente ao fogo e para facilitar a sua propagação, ou seja, a vegetação é propensa ao fogo e inflamável. Os ecossistemas independentes são aqueles em que o fogo apresenta papel pouco significativo ou desnecessário. Em ecossistemas sensíveis as espécies não apresentam adaptações para com o efeito do fogo, sendo o índice de mortalidade elevado mesmo quando a intensidade do fogo é muito baixa. Já os ecossistemas influenciados pelo fogo incluem os tipos de vegetação que se encontram na zona de transição entre ecossistemas anteriores (MYERS, 2006).

O Cerrado é um bioma brasileiro caracterizado por ser um ecossistema dependente do fogo, a ocorrência de incêndios é frequente a pelo menos quatro milhões de anos (SIMON *et al.*, 2009) e os regimes de fogo são definidos por incêndios de superfície frequentes (de 3 a 5 anos) de intensidade relativamente baixa (ALVARADO *et al.*, 2017; RISSI *et al.*, 2017). Sua inflamabilidade local varia de acordo com o tipo de vegetação dominante (HOFFMANN *et al.*, 2012). A vegetação de pastagem e savana atinge 68% do bioma e é muito mais inflamável do que as florestas (32%) (HOFFMANN *et al.*, 2012; SANO *et al.*, 2010). As gramíneas apresentam quantidades de combustível (ou cargas de combustível) que se tornam altamente inflamáveis durante o período de estiagem (BOWMAN *et al.*, 2009).

Similar a vários outros ecossistemas abertos, uma alta frequência de fogo no Cerrado pode ser favorável para a manutenção de fisionomias abertas (HOFFMANN *et al.*, 2012). O fogo influencia na dinâmica e a estrutura dos grupos das plantas,

agindo na retirada da serapilheira e na indução de espécies dominantes (WHELAN, 1995). Em contrapartida, incêndios regulares também podem ser desfavoráveis à vegetação, causando modificações no solo, diminuindo a capacidade regenerativa de determinadas espécies (principalmente as lenhosas), dificultando o seu restabelecimento e conseqüentemente diminuindo a diversidade e riqueza de espécies (PIVELLO, 2011).

No Cerrado, atualmente os agricultores utilizam o fogo para limpeza de vegetação seca, limpeza de áreas com resíduos de pós colheita de culturas agrícolas anuais e ainda para o estabelecimento de pastagens para a pecuária (PIVELLO, 2011). O uso indiscriminado do fogo levou a modificações no regime do fogo no Cerrado, através do aumento da frequência do fogo (RAMOS-NETO; PIVELLO, 2000; PIVELLO, 2011).

Em áreas protegidas, principalmente as Unidades de Conservação (UCs) ocorre a prática do “fogo zero”, que é a eliminação do uso de fogo em áreas que frequentemente queimam (FIDELIS *et al.*, 2018), e obteve como resultado mudanças significativas na fitofisionomia e diversidade na vegetação (ABREU *et al.*, 2017). Porém, com a diminuição do fogo ocorre o acúmulo de material combustível, e assim ao ocorrer um incêndio, este pode atingir grandes proporções (FIDELIS *et al.*, 2018).

Permitir ou não o uso do fogo é uma grande problemática no Cerrado, Koproski (2010) demonstra que o delineamento de ações de manejo do fogo deve ser baseado em referências sobre as particularidades de cada UC. A prevenção de incêndios portanto se mostra como a principal ferramenta efetiva do manejo do fogo no Cerrado. Aliado na prevenção e supressão de incêndios cada vez mais frequentes, intensos e generalizados, avanços na modelagem computacional da propagação do fogo e na probabilidade de riscos de incêndios baseados nas características locais são cada vez mais necessários (MILLER; AGER, 2013).

3.2 MONITORAMENTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

De acordo com Soares e Batista (2007) a determinação de áreas onde a ocorrência dos incêndios é mais frequente, possibilita a visualização dos locais de maior incidência de incêndios, contribuindo para o planejamento e monitoramento de áreas propensas a incêndios. Um dos aliados nesse monitoramento, é o registro de ocorrência de incêndios (ROI), que é um registro sistemático de dados para

descrever um incêndio ocorrido, devendo incluir os seguintes elementos: área e tipo de vegetação atingida, horários de início e fim, o tempo gasto no primeiro ataque, tempo gasto para extinguir o fogo, quantidade de pessoas que atuaram no combate, dentre outras informações, destacando as movimentações positivas e os pontos falhos (TETTO, 2009).

Mesmo com sua importância, Torres *et al.* (2016) indicam que muitas informações dos ROIs em unidades de conservação são preenchidas de forma incompleta. Considerando isso, Schmidt *et al.* (2016) destacam a utilização de instrumentos de geoprocessamento, como o uso de imagens de satélite para integralizar as informações. As imagens advindas da série de satélites *Landsat* se destacam por ser uma importante fonte de informação e por proporcionar a extração de séries temporais (PEREIRA *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2018).

O Programa Queimadas, produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), é o responsável por manter o acompanhamento operacional de focos de queimadas e de incêndios florestais identificados por satélites no Brasil, onde se gera produtos que possibilitam investigar as tendências espaciais e temporais dos focos (INPE, 2020). Dentre estes, são geradas imagens que podem ser utilizadas na identificação do uso e cobertura da terra pela análise visual e por classificação digital. Nesse sentido, é possível reconhecer as coberturas de acordo com a quantidade de luz refletida dos objetos, possibilitando mapear os rastros dos incêndios deixados na vegetação, estes denominadas de cicatrizes de fogo (NEPSTADE; MOREIRA; ALENCAR, 1999).

No Cerrado, pelos atributos da vegetação em dispor de fitofisionomias com dossel aberto, as cicatrizes de fogo são espectralmente mais evidentes se relacionadas às cicatrizes de fogo na Amazônia, que em sua maioria o fogo acontece no sub-bosque da floresta (SILVA; COSTA; MATRICARDI, 2017).

No ano de 2020 os focos de queimadas nas UCs de proteção integral e de uso sustentável do bioma apresentaram cerca de 26,9% do total de focos de queimadas no Brasil (INPE, 2020). O fogo de maneira consecutiva vem desencadeando a fragmentação da paisagem, sendo a utilização de práticas que possam promover a prevenção e o combate de incêndios florestais no Cerrado, cada vez mais significativas e precisas para sobrevivência das UCs locais.

3.3 ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Entre os métodos e técnicas utilizadas no processo de monitoramento de incêndios e queimadas, o uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto ambientado em Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem relevante destaque (LOPES *et al.*, 2017). A utilização de mapas de fogo quanto seu regime (frequência, gravidade, tamanho, padrão, dentre outros) são úteis para planejar e avaliar riscos. Os dados mapeados fornecem entendimento de como processos espaciais como clima, topografia e vegetação dinâmica influenciam regimes de fogo (MORGAN *et al.*, 2001).

Nesse contexto, destaca-se o Zoneamento de Riscos de Incêndios Florestais (ZRIF) ou mapeamento de risco, que para Kovalsyki (2016) funciona como uma representação da superfície de interesse subdividida em áreas, em função do potencial de ocorrência e propagação de incêndios. O zoneamento de risco de incêndios florestais se mostra ainda como um método que pode ser utilizado para a análise da distribuição espacial do risco de incêndios, por permitir o reconhecimento de zonas com maiores ou menores probabilidades de ocorrência de fogo (KOPROSKI, 2010), facilitando a logística de contramedidas, permitindo uma análise rápida das situações e de tomadas de decisões para prevenir e combater os incêndios florestais (DALCUMUNE; SANTOS, 2005).

Em geral, o zoneamento de risco de incêndio é constituído através da combinação de diferentes camadas de informações como topografia, vegetação, clima e aspectos humanos em um sistema de informação geográfica (MOTA *et al.*, 2019). Segundo Soares e Batista (2007) em cada característica pratica-se uma classificação de risco ou perigo de incêndios, conforme a influência desse aspecto sobre a ignição e a propagação do fogo em cada local, proporcionando a elaboração de representações (mapas) para um local determinado. A sobreposição destes mapas temáticos utiliza a demarcação dos locais levando em consideração o nível de risco e perigo de acordo com da ponderação dos riscos parciais de cada variável. Assim, estabelece-se um algoritmo, ou um modelo matemático, que evidencie numericamente a interação de todos os fatores analisados.

3.3.1 Relevô

A topografia é um componente fixo, e o relevo define a forma física e as características do terreno, portanto, influencia diretamente no comportamento do fogo (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002). O relevo pode desempenhar influência sobre o clima e, em uma escala inferior, sobre a vegetação e, por resultante, sobre o material combustível das diversas regiões terrestres, assim produzindo uma predisposição do fogo de se alastrar mais rapidamente nos aclives e mais devagar nos declives (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Batista, Oliveira e Soares (2002) indicam que a elevação do terreno, a inclinação deste e a orientação das encostas são os principais fatores topográficos que influenciam na propagação de incêndio florestal. A elevação do terreno está ligada às mudanças climáticas de acordo com a elevação, onde baixas elevações têm a propensão de retratar estações de risco de incêndios mais longas do que as altas elevações (PRUDENTE, 2016).

Já quanto à inclinação das encostas, esta influencia nas condições de pré-aquecimento dos combustíveis e pode modificar a taxa de propagação. Dependendo do posicionamento das encostas e o ângulo de incidência dos raios solares, evidencia uma predisposição direta de ignição do material combustível (CLAR; CHATTEN, 1975). A orientação das encostas também tem influência sobre as condições de umidade e do tipo de material combustível, de acordo com a incidência solar, onde os fenômenos de convecção e radiação são mais eficientes em aclives, além do que, quanto maior for o grau de inclinação das ladeiras, maior será a velocidade de propagação do fogo (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002; MÉRIDA, 2000).

3.3.2 Vegetação e material combustível

A composição vegetativa é o que gera o material combustível em um incêndio florestal. As condições do material combustível vão depender do tipo de formação florestal e das condições climáticas locais. No desenvolvimento de um incêndio florestal, a forma que a floresta se apresenta também influencia na propagação do fogo, a velocidade de propagação é maior nas florestas abertas do que em florestas densas, pois estas apresentam condições ambientais, com

umidade maior e com microclima com temperaturas inferiores ao de florestas abertas, dificultando o fogo se alastrar (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Soares (1985) indica que o material combustível florestal pode ser determinado como qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima deste, capaz de entrar em ignição e queimar. Os materiais combustíveis podem variar em inúmeras associações de tipo, quantidade, tamanho, forma, posição, arranjo e teor de umidade.

Quando relacionado à forma orgânica e à umidade encontrada no local, os combustíveis podem ser classificados como morto, quando a vegetação se encontra seca ou morta, como os troncos, gramas secas, ramos e galhos secos, dentre outros, dispendo de capacidade de queima e propagação. E como vivo-verde, que pode se considerar a vegetação viva com suas estruturas folhosas, como as matas, raízes, arbustos e as formações existentes em uma vegetação, dispõem de menor capacidade de propagação do fogo, devido à alta umidade do material (VASCONCELOS *et al.*, 2013).

3.3.3 Influência humana e estradas

A presença de atividades humanas está associada estreitamente com nível de risco de incêndio (CHUVIECO *et al.*, 2010). Uma das principais causas de incêndios florestais advém da queima para limpeza de área, prática bastante tradicional no Brasil, porém proibida quando é feita sem autorização. Quando relacionadas ao local em que são desenvolvidas, algumas variáveis podem ser utilizadas como indicativo na ação das atividades humanas quanto ao grau de risco de um incêndio, podendo destacar a demografia e a distribuição do sistema viário no local (KOPROSKI, 2010).

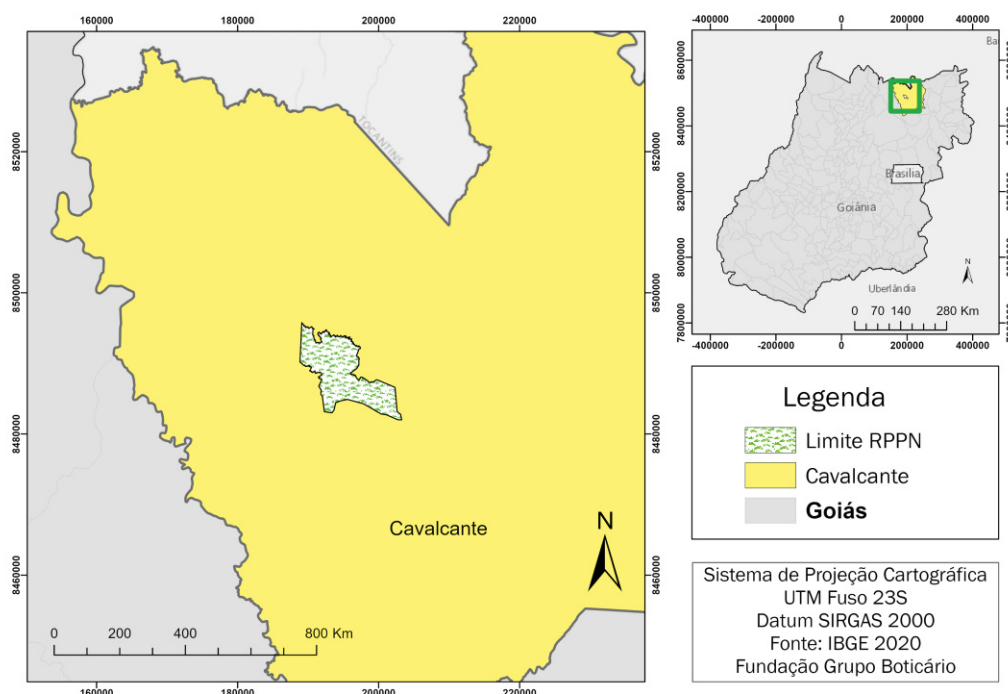
A ocorrência de incêndios florestais motivados por atividades antrópicas é observada com frequência ao longo dos corredores de transporte (trilhas, rodovias e ferrovias). Estradas e a densidade rodoviária são fatores importantes quando relacionados a ocorrência de incêndios, uma vez que podem permitir a exploração mais eficiente de um local, logo, desencadeando um possível risco proeminente de incêndios florestais (RIBEIRO *et al.*, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador. A reserva foi criada em 08 de maio de 2009 pela portaria do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) nº 26/2009. Localizada no nordeste do Estado de Goiás, no município de Cavalcante (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 47° 44' e 47° 53' W e 13° 35' e 13° 43' S. Até 2007 a propriedade era destinada à criação de gado, e desde então a vegetação nativa está em regeneração (FRANÇOSO; BRANDÃO, 2013). Apresenta uma área de aproximadamente 8.730,50 ha, perímetro de 67,66 km e pertence a Fundação Grupo Boticário. A paisagem no entorno da reserva é um mosaico composto por formações campestres, savânicas e florestais (RIBEIRO; WALTER, 2008).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SERRA DO TOMBADOR



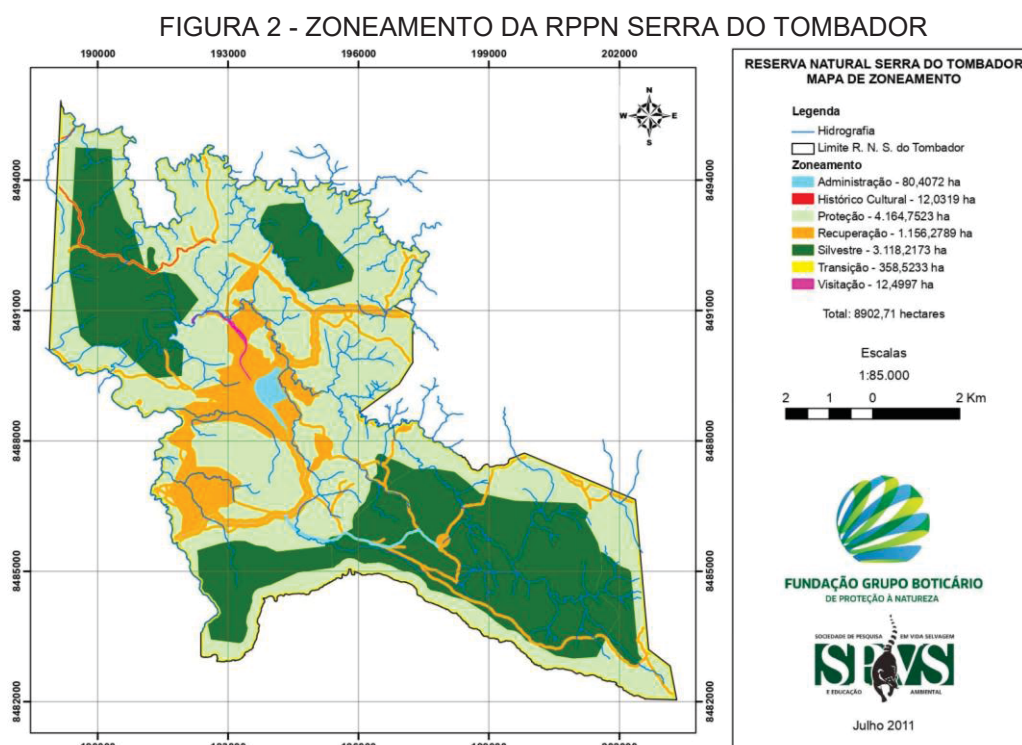
FONTE: IBGE (2020); FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2011), elaborado pelo autor (2023).

Próximo à reserva há poucos habitantes. Porém, em uma distância de 30 km no sentido Reserva/Cavalcante se localiza a comunidade São Domingos., a

comunidade tem aproximadamente 200 casas e 500 moradores. Observa-se que há 4.526 ha de propriedades vizinhas confrontantes com a reserva, dividindo-se por 10 propriedades. Os proprietários afirmam que a terra na região circunvizinha à RPPN não é indicada ao cultivo em escala comercial, desta forma plantam apenas para consumo próprio.

Inserida no bioma Cerrado, a RPPN segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) está em uma região de prioridade muito alta para a conservação da biodiversidade. A reserva é a maior reserva particular do bioma Cerrado, possuindo um importante ecossistema na região norte de Goiás (FRANÇOSO; BRANDÃO, 2013).

O zoneamento da reserva definido pelo plano de manejo, levou em consideração a representatividade, riqueza e diversidade de espécies, a fragilidade ambiental, usos conflitantes, assim como os critérios físicos mensuráveis, como relevo e grau de conservação da vegetação (Figura 2) (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).



FONTE: FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2011).

Como estrutura física, a sede da reserva conta com escritório, casas para os técnicos, manutenção e alojamento (Figura 3).

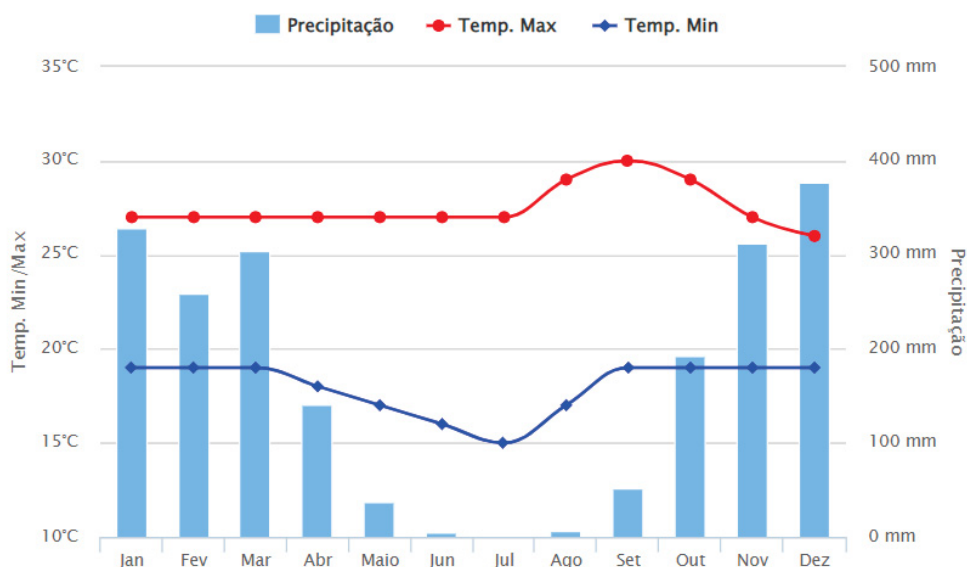
FIGURA 3 - SEDE DA RPPN SERRA DO TOMBADOR



FONTE: FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2019).

A RPPN Serra do Tombador é incluída na bacia hidrográfica do Tocantins, em que às vazões dos rios são vinculadas as chuvas que ocorrem nas bacias de captação devido aos solos rasos existentes. As chuvas ocorrem em épocas curtas durante o ano, portanto existe uma alternância nas vazões dos rios (Figura 4) (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

FIGURA 4 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE CAVALCANTE-GO



FONTE: CLIMATEMPO (2023).

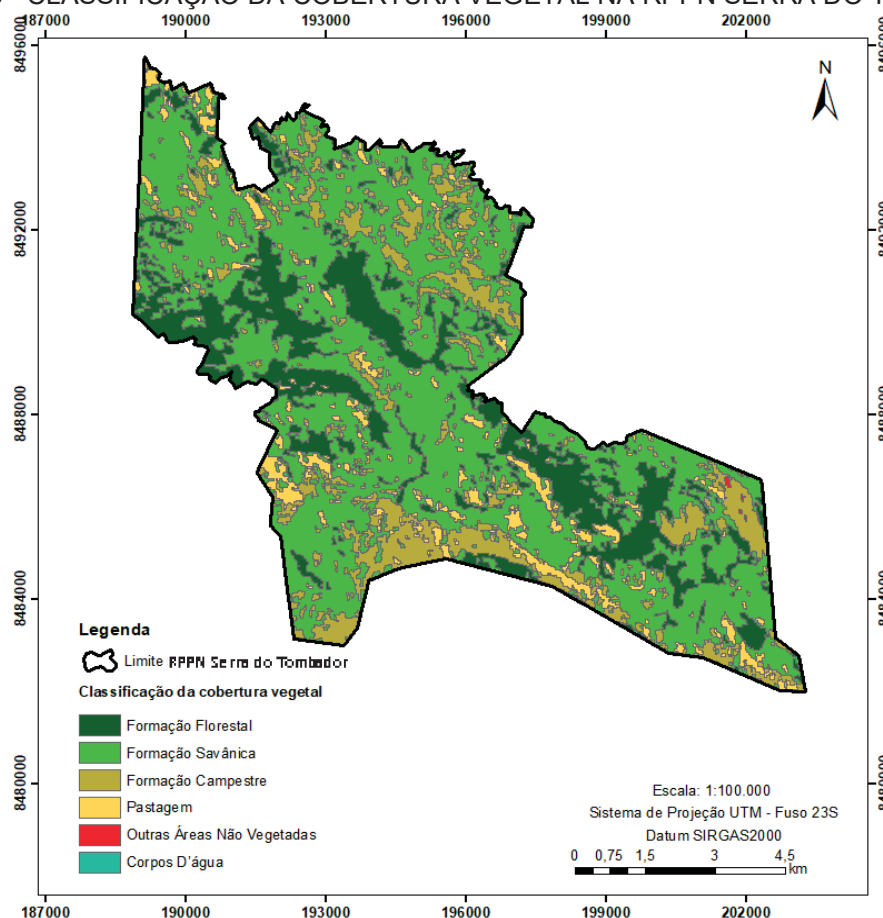
O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (1936) é do tipo Aw (Tropical de savana com estação seca de inverno). O regime de chuvas na região é característico do bioma Cerrado, varia anualmente entre 1500 a 1750 mm, com duas estações bem definidas: uma úmida (verão) que ocorre entre

novembro e março, com chuvas variando entre 100 e 300 mm mensais e outra seca (inverno) que se estende de junho a agosto, com valores de pluviosidade não ultrapassando os 100 mm (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

Quanto ao relevo, a RPPN Serra do Tombador tem como característica um ambiente homogêneo, composto por substrato geológico e feições características do bloco norte do Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí, apresentando uma feição de chapada (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

A RPPN localiza-se em área de vegetação clássica de Cerrado, em suas distintas formações, que é fortemente influenciada pela altitude, associada aos aspectos edáficos e à disponibilidade diferenciada de água. Esses fatores contribuem para uma elevada diversidade fisionômica, consistindo em um mosaico de paisagens naturais, onde é possível encontrar formações florestais, savânicas e campestres, além de ecótonos (Figura 5) (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR



FONTE: MAPBIOMAS (2020); FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2011), elaborado pelo autor (2023).

As fitofisionomias com maior representatividade são as formações savânicas e também a presença de formações florestais, que na sua maioria está associada a cursos d'água localizadas no fundo dos vales ou nas cabeceiras de drenagem onde o leito do curso d'água ainda não está definido (Figura 6).

FIGURA 6 - FORMAÇÕES VEGETACIONAIS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR



FONTE: FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2011).

4.2 REGISTRO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS

Os registros de ocorrências de incêndios (ROIs) da RPPN Serra do Tombador foram obtidos individualmente, em formato word, apresentando as seguintes informações: a) data e hora de ocorrência; b) coordenadas geográficas; c) modo de detecção (relatório proArco, patrulha - funcionário, horizonte – funcionário, vizinho ou outros); d) especificação do local; e) provável causa (natural – raio ou antropogênico); f) provável agente causal; g) descrição dos danos; h) área queimada; i) presença de animais mortos (se sim, a quantidade); j) descrição diária das atividades executadas; k) atuação de brigada voluntária, PREVFOGO e/ou do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros; l) atendimento com aeronave.

Foram tabulados e analisados dados dos ROIs da UC para o período de 2013 a 2020. Para tanto, além das estatísticas básicas de número de incêndios e respectivas áreas queimadas através dos meses e dos anos, foram analisadas as

principais causas, a classificação segundo o tamanho da área queimada, principal meio de detecção e tempo de combate.

Os incêndios foram categorizados conforme as classes de tamanho propostas por Ramsey e Higgins (1981): Classe I) até 0,09 ha; Classe II) de 0,1 a 4,0 ha; Classe III) de 4,1 a 40,0 ha; Classe IV) de 40,1 a 200,0 ha; Classe V) mais de 200,0 ha.

4.3 ANÁLISE DE CICATRIZES DE FOGO

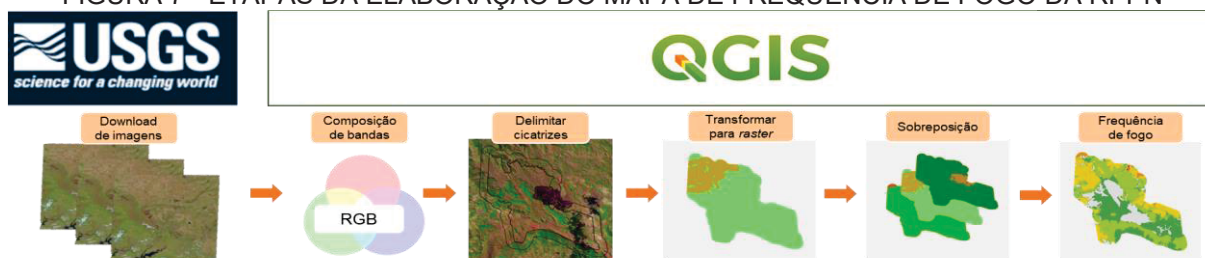
Com o intuito de complementar as informações dos ROI e elaborar um mapa de frequência de queima para a RPPN Serra do Tombador, foram determinadas as cicatrizes de fogo referentes ao período de 2013 a 2020, obtidas de imagens do satélite *Landsat 8 Operational Land Imager* (OLI), extraídas do banco de dados *Earth Explorer*, da *United States Geological Survey* (USGS, 2020).

Conforme Alvarado *et al.* (2017), as cicatrizes são observáveis até duas imagens consecutivas (até 30 dias) para a estação chuvosa e até cinco imagens consecutivas para a estação seca (superior a 60 dias). Assim, foram analisadas todas as imagens disponibilizadas para o período determinado (a cada 16 dias).

A demarcação das cicatrizes foi realizada pela interpretação visual da composição falsa cor das imagens *Landsat* para sensor OLI: banda 6 (1570-1650 nm), banda 5 (850-880 nm) e banda 4 (640-670 nm). As cicatrizes de fogo apresentam distinto aspecto visual em relação à maioria dos demais tipos de cobertura de solo, entretanto se assemelham às rochas expostas (ALVARADO *et al.*, 2017), nuvens, cursos d'água, sombras ou características topográficas (BATISTA *et al.*, 2018), o que dificulta o uso de algoritmos de classificação automatizada.

Para cada ano foi elaborado um *shapefile* das cicatrizes, para os quais constavam na tabela de atributos as seguintes informações: tamanho da área (em hectares), ano e mês em que a cicatriz foi observada e se houve presença de fogo no polígono ou não (1 - área queimada; 0 - área não queimada). Considerando esse último campo (presença/ausência de fogo), foram gerados *rasters* que posteriormente foram sobrepostos por meio da operação soma em *raster calculator*, resultando na frequência de fogo (Figura 7).

FIGURA 7 - ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO MAPA DE FREQUÊNCIA DE FOGO DA RPPN



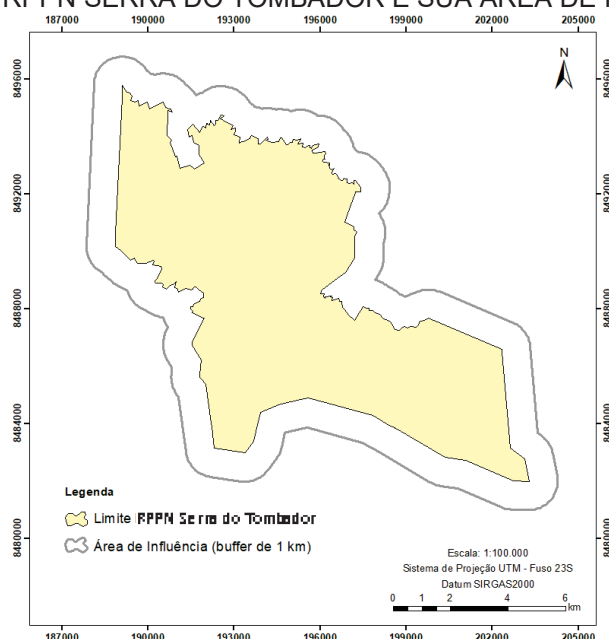
FONTE: O autor (2023).

Além da frequência de fogo, foram obtidas informações sobre: a) mês em que foi observada a cicatriz; b) área queimada (em hectares); e c) localização (interior da reserva e/ou entorno).

4.4 ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS

Durante a composição do zoneamento, foi utilizada uma área de 5.891,40 ha de área de influência, utilizando um *buffer* de 1 km a partir do limite da unidade de conservação, dado que esta área pode influenciar diretamente no início de um incêndio florestal. O *shapefile* do limite territorial da RPPN Serra do Tombador, foi disponibilizado pela Fundação Grupo Boticário, apresentando uma área de 8.730,50 ha totalizando 14.621,90 ha (Figura 8).

FIGURA 8 - RPPN SERRA DO TOMBADOR E SUA ÁREA DE INFLUÊNCIA



FONTE: FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO (2011), elaborado pelo autor (2023).

Os fatores considerados na construção do ZRIF da RPPN Serra do Tombador foram a cobertura vegetal, as estradas, a declividade e a orientação das encostas. Para cada parâmetro foi confeccionado um mapa temático de perigo de incêndios, e por meio da sobreposição dos mapas de acordo com o modelo de ponderação foi gerado o zoneamento. O *software* QGIS foi utilizado para todas as análises espaciais e também na produção cartográfica do zoneamento.

As informações no formato *shapefile* foram depois modificados para *raster*, para a realização da álgebra de mapas. Toda a base de dados processada está definida com Datum Sirgas 2000 UTM ZONA 23S, na escala 1:100.000.

4.2.1 Construção dos mapas de risco e perigo de incêndio

O mapa temático de risco segundo a cobertura vegetal, foi realizado a partir da reclassificação de imagens obtidas pelo MapBiomas, que é responsável pelo projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil, que utiliza imagens de satélite e uma estrutura de dados que interliga diferentes fatores para o mapeamento da cobertura e uso do solo do país.

Em seguida foi realizada a divisão das classes de perigo de incêndio: nulo, baixo, alto, muito alto e extremo, onde o coeficiente foi crescente de acordo do aumento de perigo de incêndio (Tabela 1). Foi considerado nulo o perigo em cursos d'água e para áreas não vegetadas (edificações e estradas).

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A COBERTURA VEGETAL

COBERTURA VEGETAL	PERIGO	COEFICIENTE
Corpos d'água	Nulo	0
Outras áreas não vegetadas	Baixo	1
Formação florestal	Alto	3
Pastagem Formação savânica	Muito alto	4
Formação campestre	Extremo	5

FONTE: KOPROSKI *et al.* (2011); KOVALSYKI (2016); TETTO (2009); BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002) adaptado pelo autor (2023).

Foi feita a análise dos atributos relacionados à declividade do terreno, altimetria e orientação das encostas de acordo como Modelo Digital de Elevação (MDE), da folha 13S48, fornecido por meio do projeto TOPODATA (INPE, 2011), com uma resolução espacial de 30 metros.

Quanto ao mapa temático da declividade, a classificação de perigo de incêndio florestal utilizada foi a elaborada por Batista, Oliveira e Soares (2002), que associam o grau de inclinação do terreno com a influência na taxa de propagação, descrita por Soares (1985). Foram divididas nas classes de perigo: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo, onde quanto maior a inclinação do terreno, maior o coeficiente, demonstrando maior perigo de incêndio florestal (Tabela 2).

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A DECLIVIDADE

INCLINAÇÃO (%)	PERIGO	COEFICIENTE
Até 15	Baixo	1
16 – 25	Moderado	2
26 – 35	Alto	3
36 – 45	Muito alto	4
> 46	Extremo	5

FONTE: BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002).

O mapa temático para orientação das encostas foi confeccionado utilizando as classes de perigo descritas por Batista, Oliveira e Soares (2002): baixo, moderado, alto, muito alto e extremo (Tabela 3).

TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS

ÂNGULO DE ORIENTAÇÃO	EXPOSIÇÃO	PERIGO	COEFICIENTE
112,51° a 247,50°	SE / S / SW	Baixo	1
67,51° a 112,50°	E	Moderado	2
22,51° a 67,50°	NE	Alto	3
247,51° a 337,50°	NW / W	Muito alto	4
337,51° a 22,50°	N	Extremo	5

FONTE: BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002).

Em relação a proximidades de estradas foi realizado um levantamento das estradas existentes no local, na qual foi observada a rodovia estadual GO-241 que liga os municípios de Cavalcante e Minaçu, cruzando a RPPN Serra do Tombador. De forma geral, as áreas que contornam a rodovias foram apontadas como as mais suscetíveis ao fogo de acordo com o fluxo de veículos que nelas transitam (SOARES NETO *et al.*, 2016). Foi considerada uma área de influência da estrada de 100 m de largura, onde nesta área o risco foi considerado muito alto de incêndios (Classe 4) e o restante foi classificado como baixo risco (Classe 1) (CAMELO; SANCHES; NAKAGOMI, 2020).

4.2.2 Integração dos mapas de risco e perigo de incêndio

Neste trabalho, o modelo de integração de dados foi expresso pela equação obtida de Camelo, Sanches e Nakagomi (2020), este utilizado ao examinar a Estação Ecológica Águas Emendadas no Distrito Federal, região do Cerrado próxima a RPPN Serra do Tombador:

$$\text{RISCO} = 0,2O + 0,3V + 0,2D + 0,3E$$

Onde:

O = Orientação das encostas;

V = Cobertura vegetal;

D = Declividade;

E = Estradas.

A álgebra de mapas foi realizada no QGIS, onde foram somados os coeficientes de risco de cada variável, gerando o mapa de risco de incêndio, com as classes de variação estabelecidas. A classificação do zoneamento, distribuiu-se em cinco classes, estabelecidas pelo método *Natural Breaks* (JENKS, 1977), esses valores foram a base para a elaboração do mapa final de zoneamento de risco de incêndios para o RPPN Serra do Tombador, conforme a Tabela 4.

TABELA 4 - CLASSES DE RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR

CLASSE	PERIGO	COEFICIENTE
1 - 1,99	Nulo	0
2 - 2,28	Baixo	1
2,29 - 2,68	Alto	3
2,69 - 3,09	Muito alto	4
> 3,09	Extremo	5

FONTE: O autor (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Na RPPN Serra do Tombador foram obtidos 25 registros de ocorrência de incêndios referente à unidade de conservação para o período de 2013 a 2020 (Tabela 5).

TABELA 5 - REGISTRO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NA RPPN SERRA DO TOMBADOR DE 2013 A 2020

INFORMAÇÕES	Nº DE ROI COM INFORMAÇÃO	%
Data início	25	100
Data final	24	96
Horário de detecção	24	96
Horário inicial de combate	21	84
Horário final de combate	21	84
Meio de detecção	25	100
Provável causa	25	100
Área queimada	11	44
Especificação locais de início	25	100
Coordenadas	6	24
Animais mortos (sim ou não)	17	68
Especificações do dano	14	56
Número de brigadistas por combate	20	80
Uso de combate aéreo	17	68

FONTE: O autor (2023).

Dentre as informações com ausência de dados cabe salientar as coordenadas geográficas, com menos de 25% de preenchimento, assim como área queimada (44%). Foram observados dois modelos (Apêndice 1 e 2) de registro de ocorrência de incêndios utilizados pela equipe da reserva no período de oito anos, o que comprometeu a padronização dos dados. Entretanto, o preenchimento dos relatos de cada evento foi primordial para alinhamento das informações.

5.1.1 Distribuição anual dos incêndios florestais

Em seis dos oito anos analisados, foram constatados registros de incêndios florestais pelo ROI da Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador. A distribuição anual dos incêndios está apresentada na Tabela 6.

TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS PRESENTES NO ROI DA RPPN SERRA DO TOMBADOR, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020

ANO	QUANTIDADE DE INCÊNDIOS					ÁREA ATINGIDA (ha)				
	Dentro RPPN	Entorno	Sem informação	Total	%	Dentro RPPN	Entorno	Sem informação	Total	%
2013	-	-	1	1	4,0	-	-	446,0	446,0	25,5
2015	-	-	7	7	28,0	-	-	216,0	216,0	12,4
2016	2	4	1	7	28,0	-	-	-	-	-
2017	1	-	2	3	12,0	351,0	-	1,9	352,9	20,2
2019	-	-	5	5	20,0	-	-	224,1	224,1	12,8
2020	2	-	-	2	8,0	509,0	-	-	509	29,1
Total	5	4	16	25	100,0	860,0	0,0	888,0	1.748,0	100,0
%	20,0	16,0	64,0	100,0	-	49,2	0,0	50,8	100,0	-

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de entorno corresponde a um *buffer* de 1 km a partir do limite da reserva.

A área total atingida pelos incêndios foi 1.748,0 hectares no período analisado (uma média de 291,3 hectares por ano com registro de incêndio). Dentro dos limites da reserva, a área atingida pelos incêndios foi de 860,0 hectares (uma média de 143,3 hectares por ano com registro de incêndio), que representa 9,85% da área da unidade de conservação. Em número de ocorrências destacaram-se os anos de 2015 e 2016, ambos com sete registros, entretanto o ano que totalizou a maior área queimada foi 2020, com 509 ha, o que representou 29,1% da área atingida para o período estudado.

A fim de complementar as informações foi analisado as cicatrizes observadas nos anos que houveram registros de ROI. A distribuição anual das cicatrizes de fogo está apresentada na Tabela 7.

TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS CICATRIZES DE FOGO, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020

ANO	QUANTIDADE DE CICATRIZES FOGO					ÁREA ATINGIDA (ha)			
	Dentro	Entorno	Ambos	Total	%	Dentro	Entorno	Total	%
2013			1	1	2,6	394,1	379,4	773,4	3,3
2014	1	4	1	6	15,8	1.756,8	1.621,8	3.378,6	14,4
2015	1	2	2	5	13,2	1.643,7	1.839,4	3.483,1	14,8
2016	1	3		4	10,5	32,3	278,6	310,8	1,3
2017		1	4	5	13,2	6.718,0	3.859,7	10.577,7	45,0
2018		1	2	3	7,9	0,4	546,8	547,2	2,3
2019	1	3	3	7	18,4	221,7	1.037,6	1.259,3	5,4
2020	1	4	2	7	18,4	1.087,2	2.110,8	3.198,0	13,6
Total	5	18	15	38	100,0	11.854,2	11.674,1	23.528,2	100,0
%	13,1	47,4	39,5	100,0	-	50,4	49,6	100,0	-

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de entorno corresponde a um *buffer* de 1 km a partir do limite da reserva.

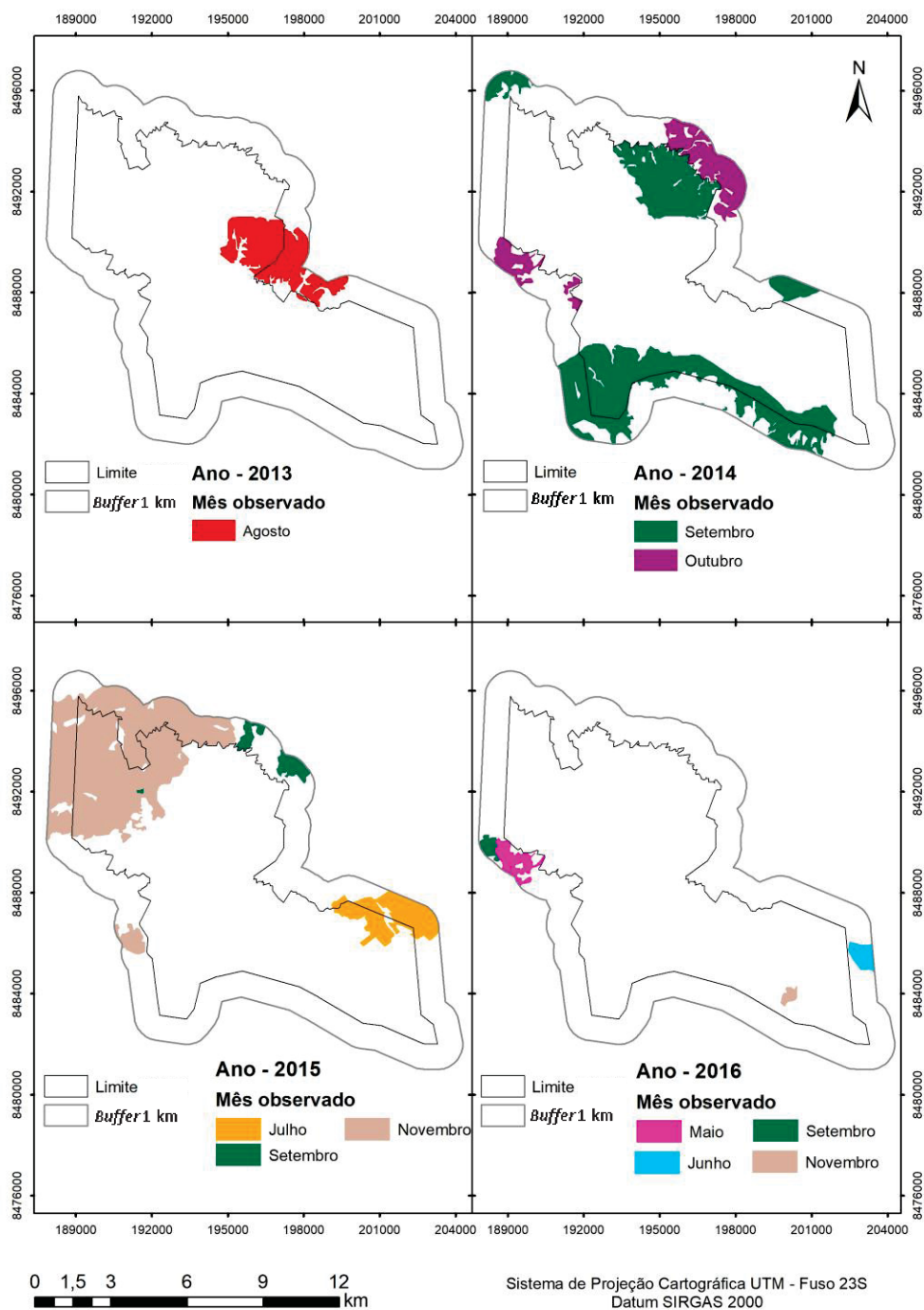
Foram observadas 38 cicatrizes de fogo, 52% a mais que o ROI. Dessas, 47,4% estavam localizadas na área de entorno, sem atingir a reserva. A área total observada por meio das cicatrizes foi 23.528,2 hectares no período analisado (uma média de 2.941,0 hectares por ano). Dentro dos limites da reserva a área atingida observada foi de 11.584,2 hectares (uma média de 1.1448,0 hectares por ano).

Os anos que apresentaram maior incidência de fogo foram 2019 e 2020, com sete cicatrizes, representando 18,4% das observações, divergindo do ROI. Outra informação discrepante foi o total de área queimada. Dentro dos limites da reserva foram totalizados 11.854,2 ha, sendo o ano de 2017 o mais representativo.

Foi identificado que 47,4% dos incêndios (18 incêndios) se localizaram nas áreas do entorno da reserva, fator que mostra que as atividades fora da reserva são de potencial risco para futuros incêndios.

A Figura 9 apresenta a distribuição espacial das cicatrizes de fogo analisadas para cada ano do período de 2013 a 2016, e na Figura 10 do período de 2017 a 2020, com distinção dos meses em que as mesmas foram observadas.

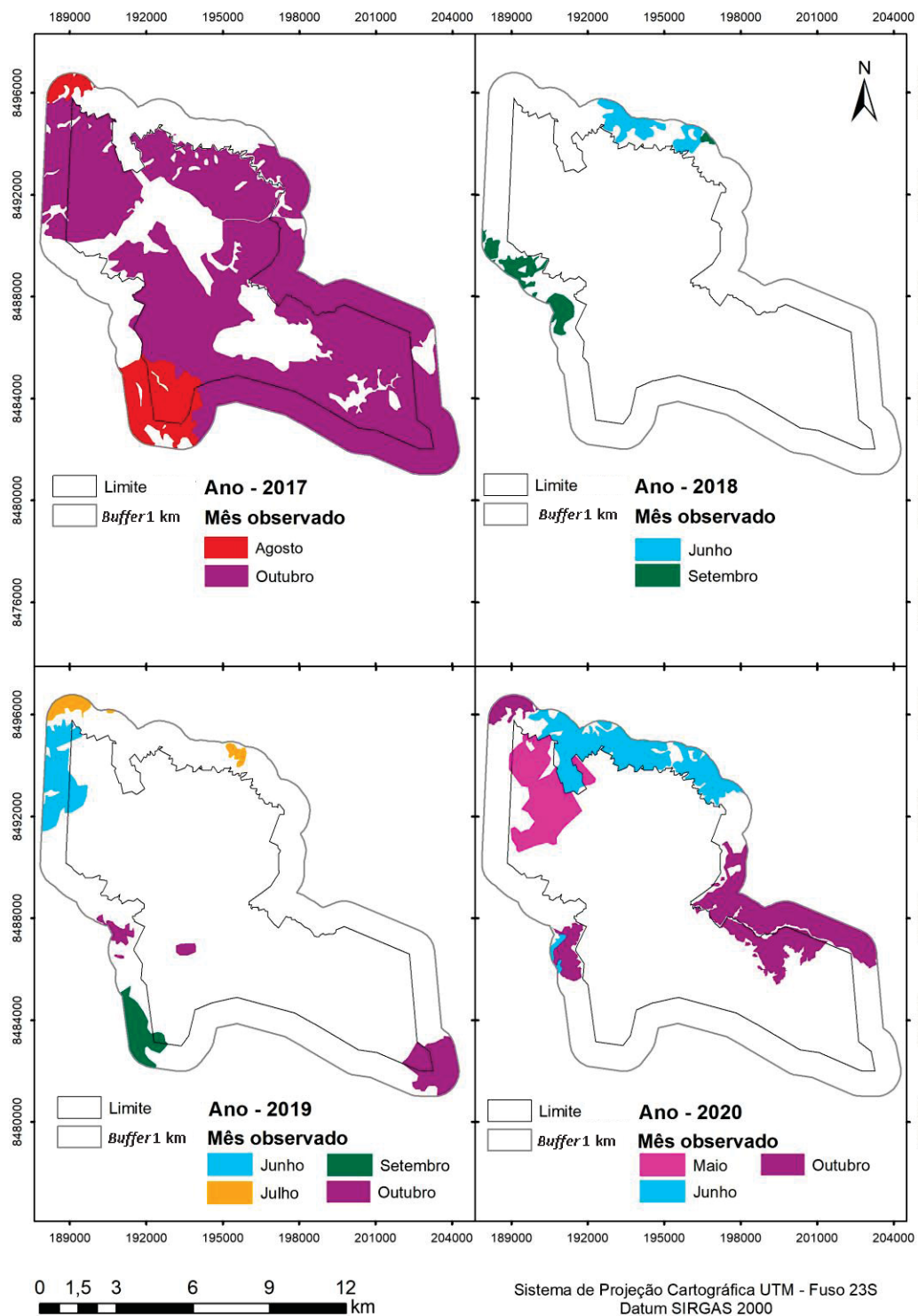
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CICATRIZES DE FOGO ANALISADAS PARA CADA ANO DO PERÍODO DE 2013 A 2016



FONTE: O autor (2023).

Nos anos de 2013 a 2016, as cicatrizes demonstraram que o fogo acometeu os meses mais secos do ano, sendo setembro o mês que mais se identificou ocorrência de fogo.

FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CICATRIZES DE FOGO ANALISADAS PARA CADA ANO DO PERÍODO DE 2017 A 2020



FONTE: O autor (2023).

Considerando os anos de 2017 a 2020, o mês de maior representatividade de atividade do fogo foi o mês de outubro. O ano de 2017 se destaca por apresentar cicatrizes de maiores extensões na reserva.

Em outubro de 2017 ocorreu o maior incêndio florestal já registrado na reserva, este advindo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, localizado a 24km da RPPN, que mais de 80% da RPPN Serra do Tombador foi afetada (MORIYAMA, 2018). A motivação do fogo acredita-se que tenha sido criminoso, provocado por fazendeiros insatisfeitos com o aumento do tamanho do PARNA Chapada dos Veadeiros no mesmo ano.

FIGURA 11 - INCÊNDIO FLORESTAL NA RPPN SERRA DO TOMBADOR EM 2017



Fonte: Acervo Fundação (2017).

Daldegan (2012), ao analisar o espaço-temporal de queimadas na RPPN Serra do Tombador entre os anos de 2001 a 2010, descreve que o fogo atingiu 7.231 ha dos 8.730 ha, cerca de 82% da área total da reserva, portanto o fogo é sim um fator recorrente na reserva. O autor ainda indica que 68% da área acometida queimou mais de uma vez.

Segundo Lima (2018), o Cerrado apresenta épocas de secas severas, que compreende os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, e o mês de setembro é o mais seco no bioma. Os indicadores de queimadas levantados na

reserva são equivalentes ao de outras unidades de conservação, que também apresentam formações savânicas (SOARES NETO *et al.*, 2016). Essa semelhança acontece pela época seca em comum, pois a combustão ocorre com maior facilidade (LACERDA *et al.*, 2022).

Os anos que foram identificados maiores áreas queimadas coincidiram com os que a precipitação na RPPN Serra do Tombador foi abaixo da média, com períodos de estiagem prolongados. Em uma repetição desse padrão, é provável um panorama climático com estiagens e, por conseguinte, um aumento na frequência de queimadas.

5.1.2 Distribuição mensal dos incêndios florestais

A seguir está descrita a distribuição mensal dos incêndios florestais computados no ROI da reserva, para o período de 2013 a 2020 (Tabela 8).

TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS PRESENTES NO ROI DA RPPN SERRA DO TOMBADOR, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020

MÊS	QUANTIDADE DE INCÊNDIOS					ÁREA ATINGIDA (HA)				
	Dentro RPPN	Entorno	Sem informação	Total	%	Dentro RPPN	Entorno	Sem informação	Total	%
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	1	1	4	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	1	1	4	-	-	1,9	1,9	0,1
Jun	1	-	3	4	16	-	-	281,0	281,0	16,1
Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago	1	2	1	4	16	351,0	-	446,0	797,0	45,6
Set	-	2	2	4	16	-	-	17,5	17,5	1,0
Out	2	-	8	10	40	509,0	-	141,6	650,6	37,2
Nov	1	-	-	1	4	-	-	-	-	-
Dez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	5	4	16	25	100	860,0	-	888,0	1748,0	100,0
%	20	16	64	100	-	49,2	-	50,8	100	-

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de entorno corresponde a um buffer de 1 km a partir do limite da reserva.

O mês de outubro foi o mais significativo em termos de quantidade de incêndios, com total de 10 registros (40%), porém o mês de agosto apresentou a maior área queimada, totalizando 797,0 ha (45,6%). A área atingida por um incêndio variou de 1,9 ha (maio de 2017) a 505,0 ha (outubro de 2020).

A análise mensal das cicatrizes de fogo está apresentada na Tabela 9.

TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS CICATRIZES DE FOGO, PARA O PERÍODO DE 2013 A 2020

MÊS	QUANTIDADE DE INCÊNDIOS					ÁREA ATINGIDA (HA)			
	Dentro	Entorno	Ambos	Total	%	Dentro	Entorno	Total	%
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	1	1	1	3	7,9	723,3	150,8	874,1	3,7
Jun	-	3	2	5	13,2	88,9	1.671,0	1.759,9	7,5
Jul	-	2	1	3	7,9	190,23	439,0	629,3	2,7
Ago	-	1	2	3	7,9	743,4	916,5	1.659,9	7,1
Set	2	5	3	10	26,3	1.778,94	1.693,7	3472,7	14,8
Out	1	5	5	11	28,9	6.847,5	5417,6	12.265,1	52,1
Nov	1	1	1	3	7,9	1.481,89	1.385,4	2.867,3	12,2
Dez	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	5	18	15	38	100,0	11.854,2	11.674,1	23.528,2	100,0
%	13,2	47,4	39,5	100,0	-	50,4	49,6	100,0	-

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de entorno corresponde a um *buffer* de 1 km a partir do limite da reserva.

Assim como apontado pelo ROI, o mês de outubro apresentou o maior número de cicatrizes de fogo, representando 28,9% do total observado, como também a maior área queimada, com 12.265,1 ha, 52,1% da área total atingida. Cabe ressaltar a imprecisão das datas de ocorrência de fogo devido o intervalo de tempo da captura das imagens pelo satélite (16 dias) (BATISTA *et al.*, 2018).

Os meses mais secos, com menos quantidade de chuvas, de agosto a novembro apresentaram 71% de todos os incêndios, onde se pode destacar, as condições ideais para a propagação do fogo, como o combustível seco, baixa pluviosidade, dentre outros fatores. Para o Parque Nacional Serra da Canastra, também localizado no bioma Cerrado, Solto (2021) relata que 85% da área queimada do parque ocorreu no período de agosto a outubro, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Daldegan (2012), ao estudar a RPPN Serra do tombador entre os anos de 2001 e 2010, verificou que os meses de julho a outubro foram os meses com maior representatividade da recorrência de queimadas, bem como o presente trabalho.

5.1.3 Classes de tamanho

A Tabela 10 apresenta as classes de tamanho propostas por Ramsey e Higgins (1981), para os dados provenientes do ROI da reserva.

TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBTIDAS POR MEIO DO ROI, CONFORME O PROPOSTO POR RAMSEY E HIGGINS

CLASSE DE TAMANHO	INTERVALO (ha)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	%
I	até 0,09	0	0,0
II	de 0,1 a 4,0	2	18,2
III	de 4,1 a 40,0	3	27,3
IV	de 40,1 a 200,0	2	18,2
V	acima de 200,0	4	36,4
Total		11	100,0

FONTE: Ramsey e Higgins (1981); O autor (2023).

Das 11 ocorrências que continham informação a respeito de área queimada, 36,4% concentraram-se na classe V, seguido da classe III. Não foram registradas áreas inferiores a 0,1 ha.

A área de uma cicatriz, resultante da imagem de satélite, variou de 3,8 ha (setembro de 2015) a 6.679,9 ha (outubro de 2017). A Tabela 11 apresenta as classes de tamanho propostas por Ramsey e Higgins (1981).

TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBTIDAS POR MEIO DAS CICATRIZES, CONFORME O PROPOSTO POR RAMSEY E HIGGINS

CLASSE DE TAMANHO	INTERVALO (ha)	NÚMERO DE CICATRIZES	%
I	até 0,09	0	0,0
II	de 0,1 a 4,0	1	2,6
III	de 4,1 a 40,0	4	10,5
IV	de 40,1 a 200,0	15	39,5
V	acima de 200,0	18	47,4
Total		38	100,0

FONTE: Ramsey e Higgins (1981); O autor (2023).

Assim como o observado nos dados do ROI, também não foram observadas cicatrizes na classe I de tamanho. Um fator limitante para a determinação de cicatrizes de fogo em imagens de satélite é o tamanho do pixel, neste caso de 0,09 ha. As cicatrizes concentraram-se na classe V, com 47,4% de representatividade.

5.1.4 Demais informações

De forma geral a detecção dos incêndios florestais foi realizada por meio de observação visual no horizonte por funcionário (80% dos registros), sendo sua data e horário foram registradas em 96% dos ROIs. O intervalo médio entre a detecção do incêndio e a mobilização foi de 2,2 horas, variando de zero a 14 horas (Apêndice 3).

O tempo de combate, desde o momento de detecção do fogo até o controle do incêndio, foi relatado em mais de 90% dos ROIs e apresentou um total de 448 horas de combate no período de oito anos, uma média de 19 horas por incêndio, variando entre 30 minutos a 68,8 horas (Tabela 11).

TABELA 12 - TEMPO DE COMBATE DO FOGO DE ACORDO COM O ROI

INTERVALO, EM HORAS	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	%
<= 5,0	6	25,0
de 5,1 a 10,0	2	8,3
de 10,01 a 15,0	3	12,5
de 15,1 a 20,0	4	16,7
de 20,1 a 25,0	2	8,3
> 25,0	7	29,2
Total	24	100,0

FONTE: O autor (2023).

O intervalo médio entre o primeiro ataque e a extinção do fogo foi de 14,4 horas, variando de 1,6 até 58 horas. No período analisado foram mobilizados 171 brigadistas, uma média de 8 por incêndio.

As causas dos incêndios presentes no ROI estavam divididas em duas categorias: antrópicos (80% das ocorrências) e naturais (por raio, 20% dos registros). Das ocorrências antrópicas, 30% foi designado como provável causa a manejo de pastagem ou garimpo, 5% como reinição e 5% como reforma de pastagem. Os demais ROIs não apresentavam detalhamentos sobre a provável causa do incêndio.

De modo geral, a localização das ocorrências de incêndios é descrita nos ROIs segundo um ponto de referência (região, local popularmente conhecido, propriedade/proprietário, curso d'água, trilha, entre outros) 76% dos registros não possuíam as coordenadas geográficas, o que dificultou o cruzamento dos dados fornecidos pelos ROIs com os extraídos das imagens de satélites. Porém, pode-se observar uma evolução no preenchimento desta informação nos ROIs a partir de 2019, que apresentaram não só a coordenada geográfica, como croquis representando a área atingida.

5.1.5 Frequência de fogo

A partir da distribuição espacial das cicatrizes foi possível analisar a frequência de fogo para a reserva e seu entorno entre 2013 e 2020 (Tabela 13) (Figura 12).

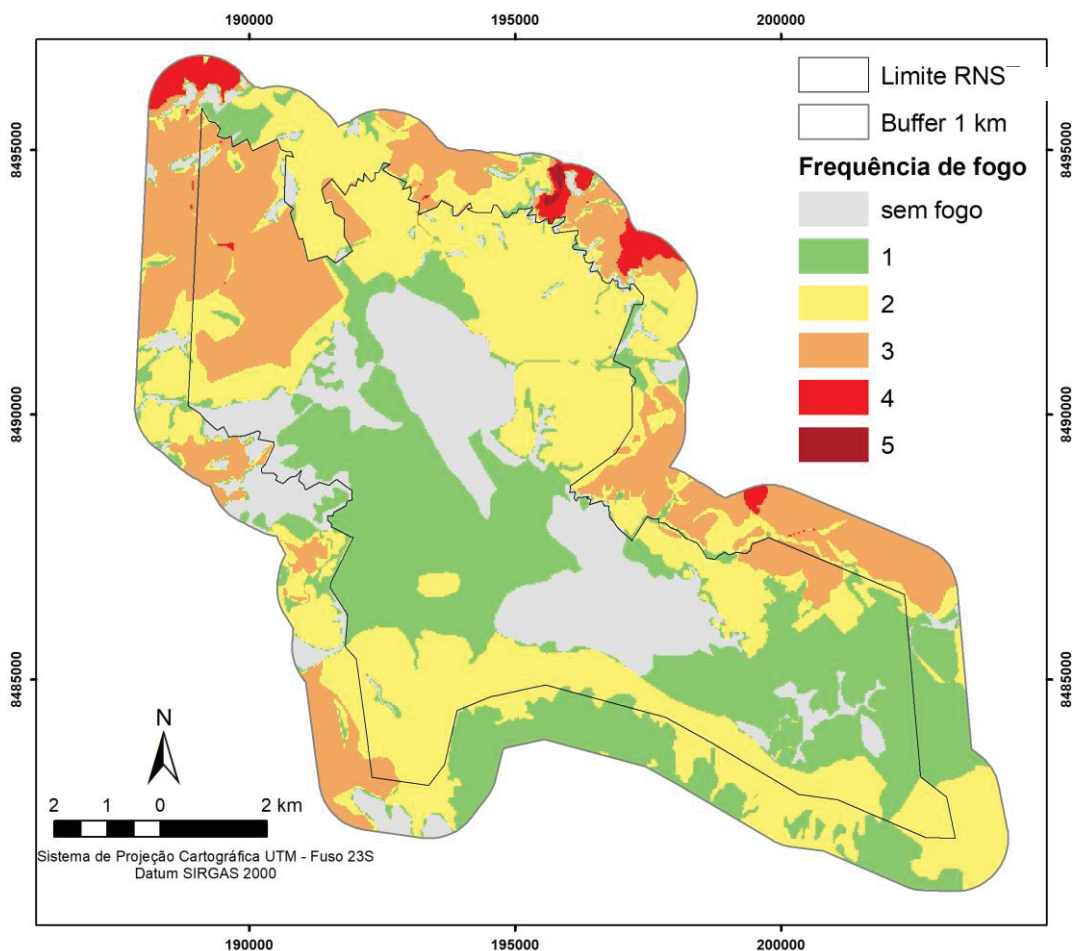
TABELA 13 - FREQUÊNCIA DE FOGO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR

Classe	RPPN SERRA DO TOMBADOR		Entorno		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Sem fogo	1.802,8	20,6	448,9	7,6	2.251,773	15,4
1	2.947,4	33,8	1.366,1	23,2	4.313,461	29,5
2	3.036,5	34,8	2.139,7	36,3	5.176,153	35,4
3	941,7	10,8	1.704,8	28,9	2.646,564	18,1
4	2,1	0,02	217,3	3,7	219,3285	1,50
5	0,0	0,0	14,6	0,2	14,6219	0,10
Total	8.730,50	100,0	5891,40	100,00	14.621,90	100,0

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de entorno corresponde a um buffer de 1 km a partir do limite da reserva.

FIGURA 12 - FREQUÊNCIA DE FOGO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR E SEU ENTORNO PARA PERÍODO DE 2013 A 2020



FONTE: O autor (2023).

Na área de influência da reserva, foi observado uma frequência de queimadas recorrentes (Classes 4 e 5), servindo de alerta para os próximos anos por serem bem próximas ao limite da reserva.

Mesmo que a maioria das queimadas observadas foram registradas sobre as formações naturais, não é plausível certificar que essas queimadas sejam geradas por origem natural, visto que nos últimos anos incêndios provocados pelo homem ainda se perpetuam, principalmente pela ideia da queima para limpeza de áreas destinadas a plantios e pastagens, possibilitando que o fogo progrida também nas áreas de cobertura vegetal natural (ALVARADO, 2018).

Um fato a ser observado é o predomínio da ocorrência do fogo nas formações savânicas, e com menor impacto nas formações campestres e florestais. Daldegan (2012) em seus estudos na RPPN Serra do Tombador, observou que a formação savânica foi afetada três vezes mais que a formação florestal, cerca de 74,66 % de toda área queimada entre os anos de 2001 e 2010, então historicamente é uma formação que se deve ter atenção. Fato também observado também por Arruda (2021), que ao estudar o Cerrado identificou que a região savânica presente apresentou uma ocorrência de queimadas de 34% do total, seguido das formações campestres (9%) e florestais (15%). Esse fato se explica pelas características intrínsecas a este tipo de vegetação, por apresentar um estrato herbáceo composto principalmente por combustíveis finos e secos. Outro fator do bioma quando relacionado aos estratos arbóreos, é a presença de água em grande quantidade na biomassa viva, logo as áreas acometidas pelo fogo seguem em áreas em sua maioria rasteira (MIRANDA; BUSTAMANTE; MIRANDA, 2002).

5.2 ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS

5.2.1 Cobertura vegetal

A RPPN Serra do Tombador apresenta uma porção de vegetação distribuída em sua extensão com alto grau de preservação, resultado do esforço da Fundação Grupo Boticário para conservação da reserva.

Na construção das informações para elaboração do mapa temático em relação à cobertura vegetal, se obteve o perigo nulo relacionado aos corpos d'água representando uma área de 23,31 ha, com uma representatividade de 0,16%. As áreas não vegetadas, uma área de 8,19 ha, com uma representatividade de 0,06%. As formações florestais, que caracterizam o perigo moderado, obtiveram uma área total de 3.552,16 ha, ou seja, 24,29% do total. As pastagens e a formação savânica

característica do bioma Cerrado apresentaram a maior porção, cerca de 64,88%, ou seja, uma área de 9.487,30 ha, representando a classe de perigo muito alto. A formação campestre, classificada como perigo extremo, obteve 10,61% do total e 1.550,94 ha de área (Tabela 14).

TABELA 14 - REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGODE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A COBERTURA VEGETAL

CLASSE	RPPN SERRA DO TOMBADOR		ÁREA DE INFLUÊNCIA		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Nulo	2,52	0,03	20,80	0,35	23,31	0,16
Baixo	4,77	0,05	3,42	0,06	8,19	0,06
Alto	1.777,76	20,36	1.774,40	30,12	3.552,16	24,29
Muito alto	5.717,47	65,49	3.769,83	63,99	9.487,30	64,88
Extremo	1.227,98	14,07	3.22,96	5,48	1.550,94	10,61
Total	8.730,50	100,00	5.891,40	100,00	14.621,90	100,00

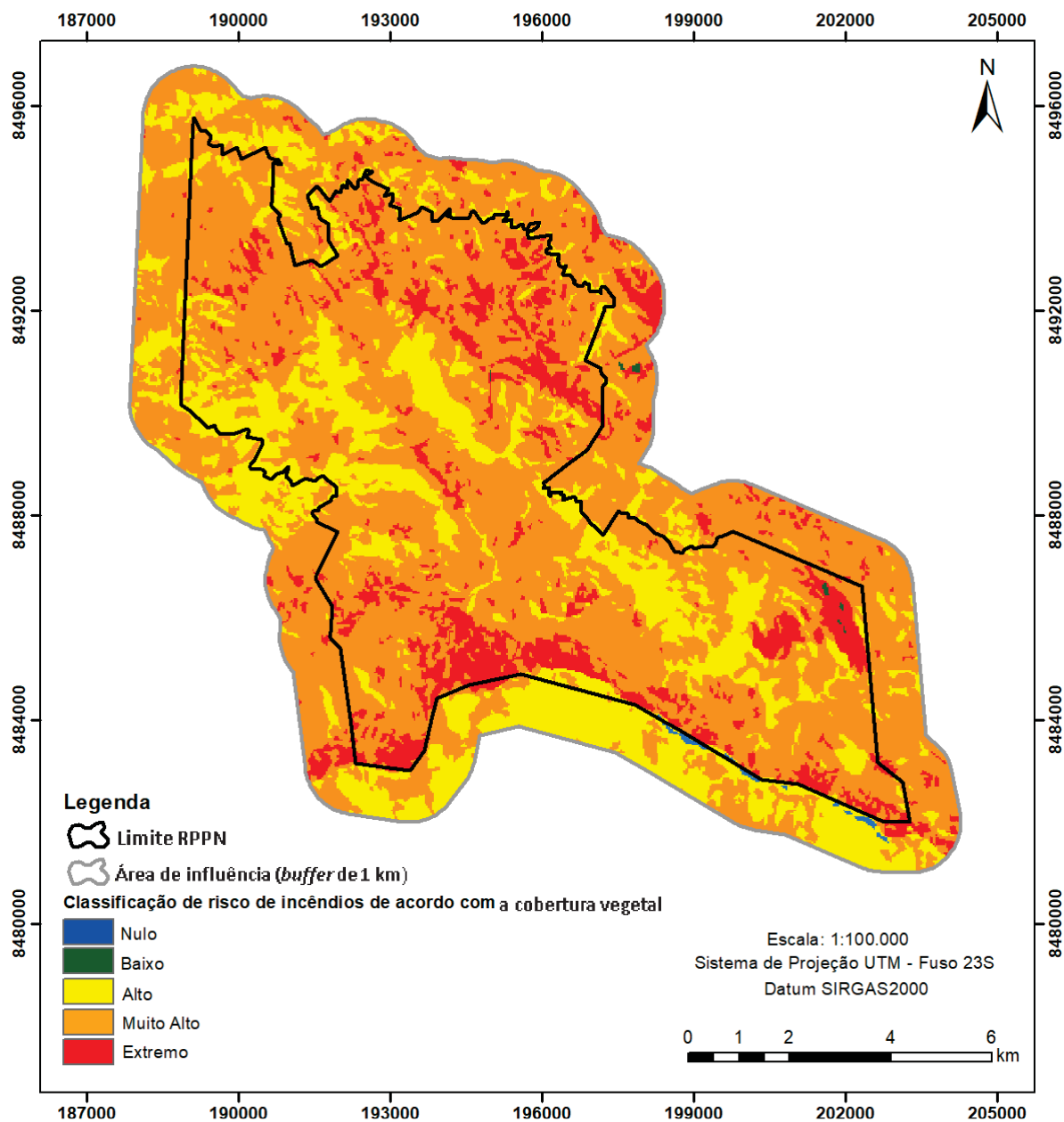
FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de influência corresponde a um *buffer* de 1km a partir do limite da reserva

O tipo de vegetação está diretamente ligado nas condições do combustível presentes nos locais de queima, influenciando como o fogo irá de comportar. Os atributos advindos dos combustíveis vão divergir de acordo com a fitofisionomia de floresta e estas distinções podem gerar variações no desenvolvimento de incêndios (ALMEIDA; MATTOS JÚNIOR, 2016).

O estudo refletiu a inflamabilidade da reserva pelas características inerentes às encontradas em fitofisionomias do Cerrado, sendo que as classes de perigo mais altas foram observadas em sua maioria nas extremidades da reserva (Figura 13).

FIGURA 13 - PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM A COBERTURA VEGETAL



FONTE: O autor (2023).

Ramos Neto e Pivello (2000) indicam que no decorrer da estação seca a vegetação constituída sobretudo por gramíneas se mostra inflamável, devido ao baixo teor de umidade. Nas áreas identificadas como formação florestal existe uma probabilidade inferior da incidência de incêndios, por apresentarem veredas e matas fechadas, que são fitofisionomias relacionadas a presença de água (BORGES *et al.*, 2016). Camelo, Sanches e Nakagomi (2020) indicam que as formações campestres e savânica por apresentarem maiores espaços vazios entre as espécies, formam

uma paisagem aberta que pode propiciar uma maior circulação do ar podendo apressar a secagem do material combustível.

Ao estudar risco de incêndio no Parque Estadual do Cerrado, Koproski (2010) identificou o risco muito alto com 44,3% do total, considerando fitofisionomias características do bioma Cerrado, e assim notou-se que essas áreas são suscetíveis a incêndios, refletindo a inflamabilidade do parque. Também nesse sentido, em estudos no Parque Nacional de Brasília, Soares Neto *et al.* (2016) também observaram que 55,27% do mapa final de ZRIF foi considerado como risco alto.

5.2.2 Orientação das encostas

Em relação à orientação das encostas, dentre as classes de perigo, o perigo baixo representou maior valor, com uma área de 5.380,86 ha e 36,8% do total. Outra classe em destaque foi a do perigo muito alto que representou um total de 3.860,18 ha, 26,4% do total. As outras classes obtiveram menores representações, com 14,20% para o risco extremo, 13,3% para o perigo alto e 9,3% para o perigo moderado. O demonstrativo pode ser visto na Tabela 15 e a representação do mapa de risco na Figura 14.

TABELA 15 - REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS

CLASSE	RPPN SERRA DO TOMBADOR		ÁREA DE INFLUÊNCIA		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Baixo	2.671,53	30,60	2.709,33	45,99	5.380,86	36,80
Moderado	768,28	8,80	591,55	10,04	1.359,84	9,30
Alto	1.353,23	15,50	591,49	10,04	1.944,71	13,30
Muito alto	2.514,38	28,80	1.345,80	22,84	3.860,18	26,40
Extremo	1.423,07	16,30	653,24	11,09	2.076,31	14,20
Total	8.730,50	100,00	5.891,40	100,00	14.621,90	100,00

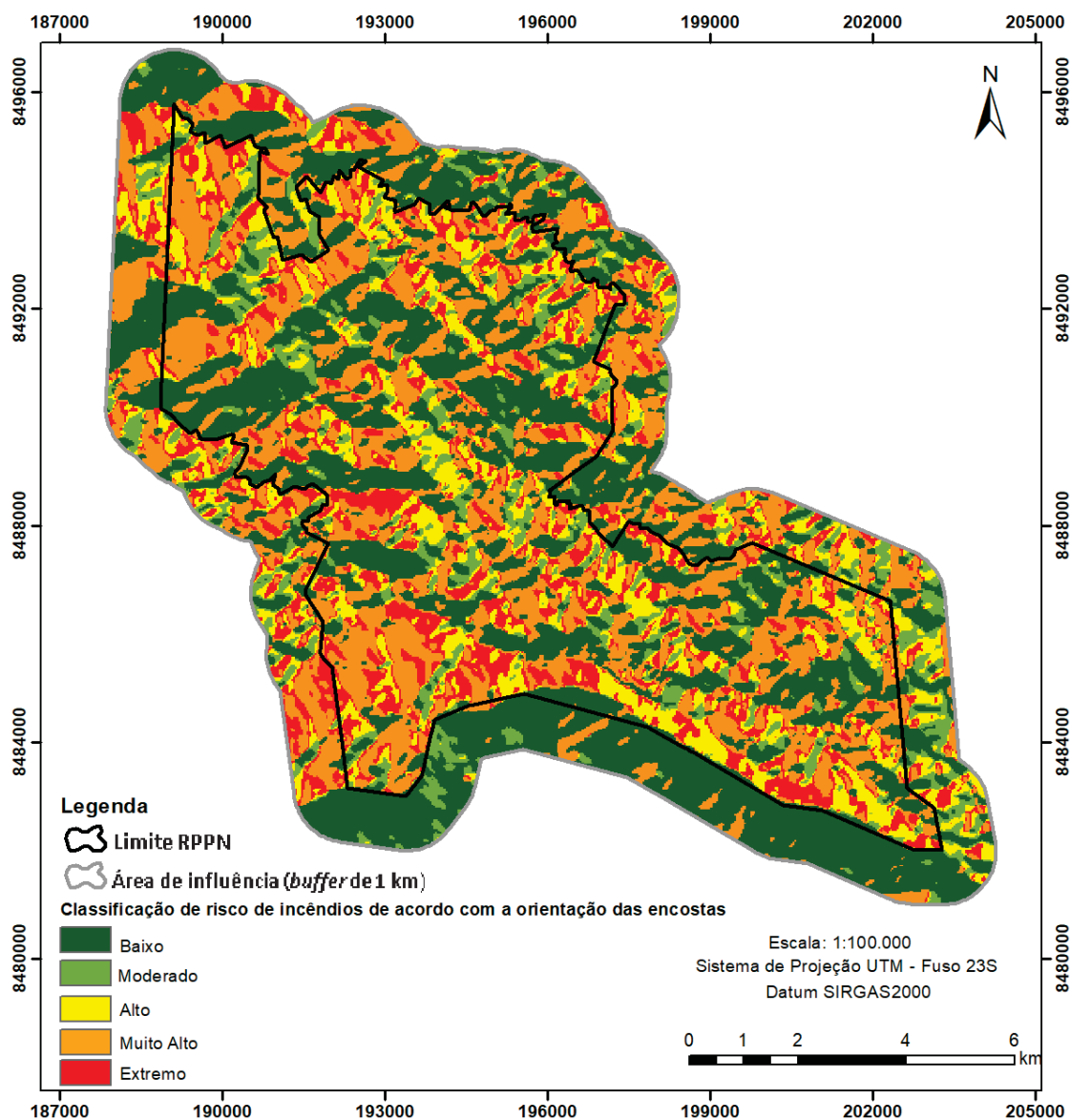
FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de influência corresponde a um *buffer* de 1km a partir do limite da reserva

No hemisfério norte, as encostas mais quentes e secas são aquelas direcionadas ao sul, já no hemisfério sul as vertentes nesse sentido se dispõem ao norte, contribuindo para os eventos de incêndios florestais (GANTEAUME; JAPPIOT, 2013; TORRES *et al.*, 2014). O favorecimento de uma maior taxa de ocorrência de incêndios florestais na face norte foi identificado em uma significativa parte da área

de estudo, tendência que ocorre em outros territórios do mesmo hemisfério (TORRES *et al.*, 2014; SOARES NETO *et al.*, 2016).

FIGURA 14 - PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS



FONTE: O autor (2023).

Koproski (2010) indica que o mapa de perigo relacionado à orientação das encostas representa indiretamente a umidade do material combustível, pois é obtida pela taxa de radiação incidente. Conforme Batista *et al.* (2014), a taxa de propagação do fogo pode se intensificar nas encostas mais íngremes em razão da proximidade do fogo com a superfície do solo e o processo de convecção de calor, o qual pode ser aumentado pela ação do vento. No bioma Cerrado existe uma

correlação entre a insolação e a incidência de incêndios florestais, onde no período seco ocorre aumento da insolação (TORRES *et al.*, 2010).

5.2.3 Declividade

Em relação à declividade, os resultados demonstraram que a classe de perigo baixo representou 43,3% com uma área de 6.331,28 ha. Com menores representatividades, as classes moderado, alto, muito alto e extremo representaram respectivamente 24,5, 15, 9,2 e 8%. O detalhamento dos valores obtidos está disposto na Tabela 16 e representado na Figura 15.

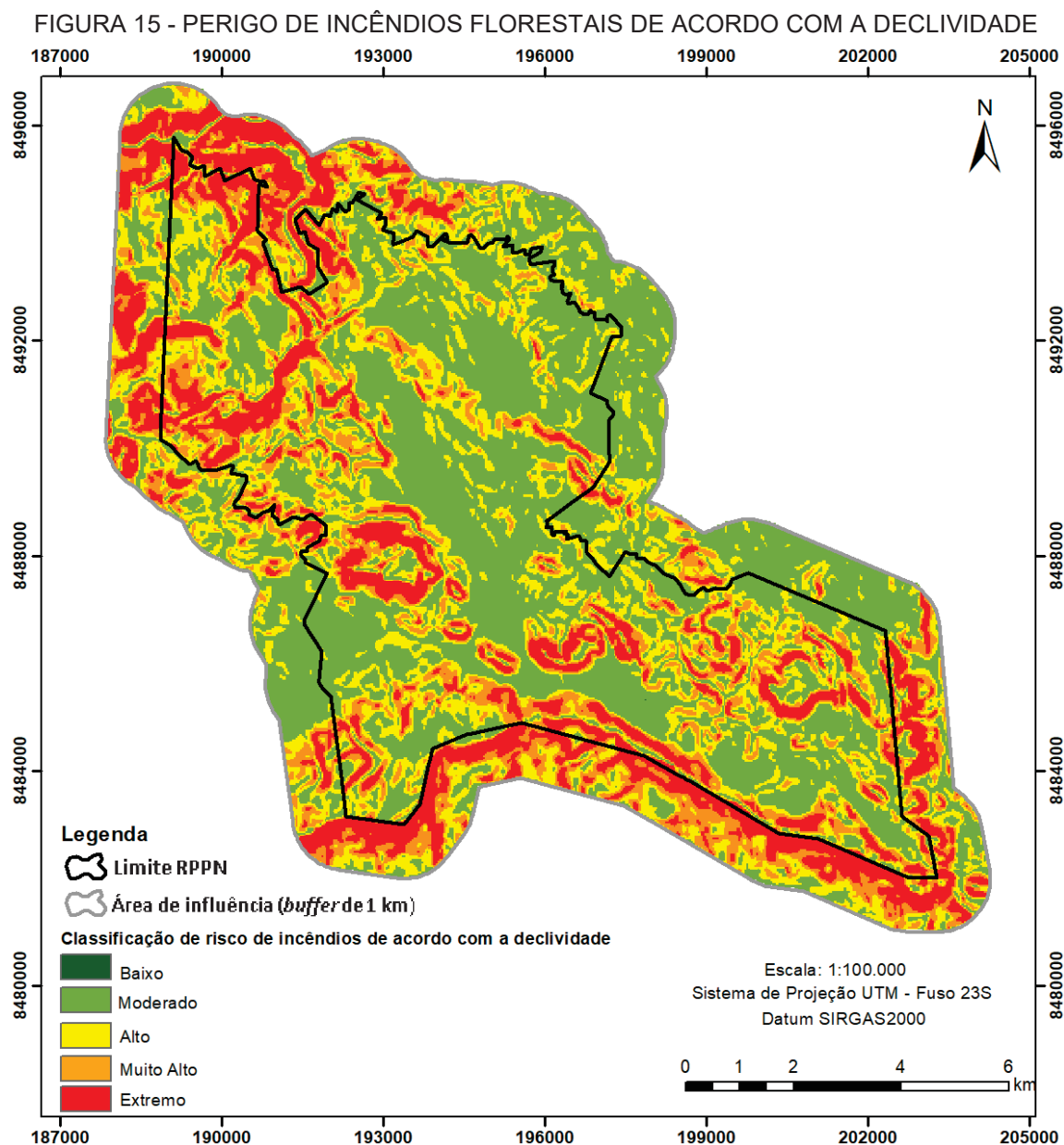
TABELA 16 – REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM A DECLIVIDADE

CLASSE	RPPN SERRA DO TOMBADOR		ÁREA DE INFLUÊNCIA		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Baixo	4.164,45	0,48	2.166,83	36,78	6.331,28	43,30
Moderado	2.191,36	0,25	1.391,01	23,61	3.582,37	24,50
Alto	1.231,00	0,14	962,28	16,33	2.193,29	15,00
Muito alto	672,25	0,08	672,97	11,42	1.345,21	9,20
Extremo	471,45	0,05	698,31	11,85	1.169,75	8,00
Total	8.730,50	100,00	5.891,40	100,00	14.621,90	100,00

FONTE: O autor (2023).

NOTA: a área de influência corresponde a um *buffer* de 1km a partir do limite da reserva.

Pode se observar uma baixa variação da declividade pela reserva, onde 43,3% da reserva se encontra em uma declividade inferior ou igual a 15%. Torres *et al.* (2018) relatam que a baixa variação de declividade pode diminuir o perigo de incêndios, relacionado a quantidade de biomassa seca presente e a inclinação do terreno. Os maiores valores de declividade estão localizados nas extremidades da reserva, em acives o vento é um importante fator que pode interferir na taxa de combustão e dispersão do fogo, pois influenciam no aumento de oxigênio na queima, e ainda na secagem do material combustível, causando a inclinação das chamas para áreas que ainda não foram atingidas pelo fogo (TORRES; MACHADO, 2008).



FONTE: O autor (2023).

Camelo, Sanches e Nakagomi (2020), ao examinar a Estação Ecológica Águas Emendadas no Distrito Federal, também encontraram em seus resultados valores para declividade até 8% de inclinação, representando 88% de área com risco baixo de incêndio.

5.2.4 Estradas

No local considerou-se uma estrada existente que atravessa a reserva, que representou cerca de 2% da área total (292,44 ha), onde foi considerado uma classe

de perigo muito alta. Os valores são demonstrados na Tabela 17 e representados na Figura 16.

TABELA 17 – REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DE ACORDO COM AS ESTRADAS

CLASSE	RPPN SERRA DO TOMBADOR		ÁREA DE INFLUÊNCIA		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Baixo	8.494,78	0,97	5.834,69	99,04	14.329,46	98,00
Muito alto	235,72	0,03	56,71	0,96	292,44	2,00
Total	8.730,50	100,00	5.891,40	100,00	14.621,90	100,00

FONTE: O autor (2023).

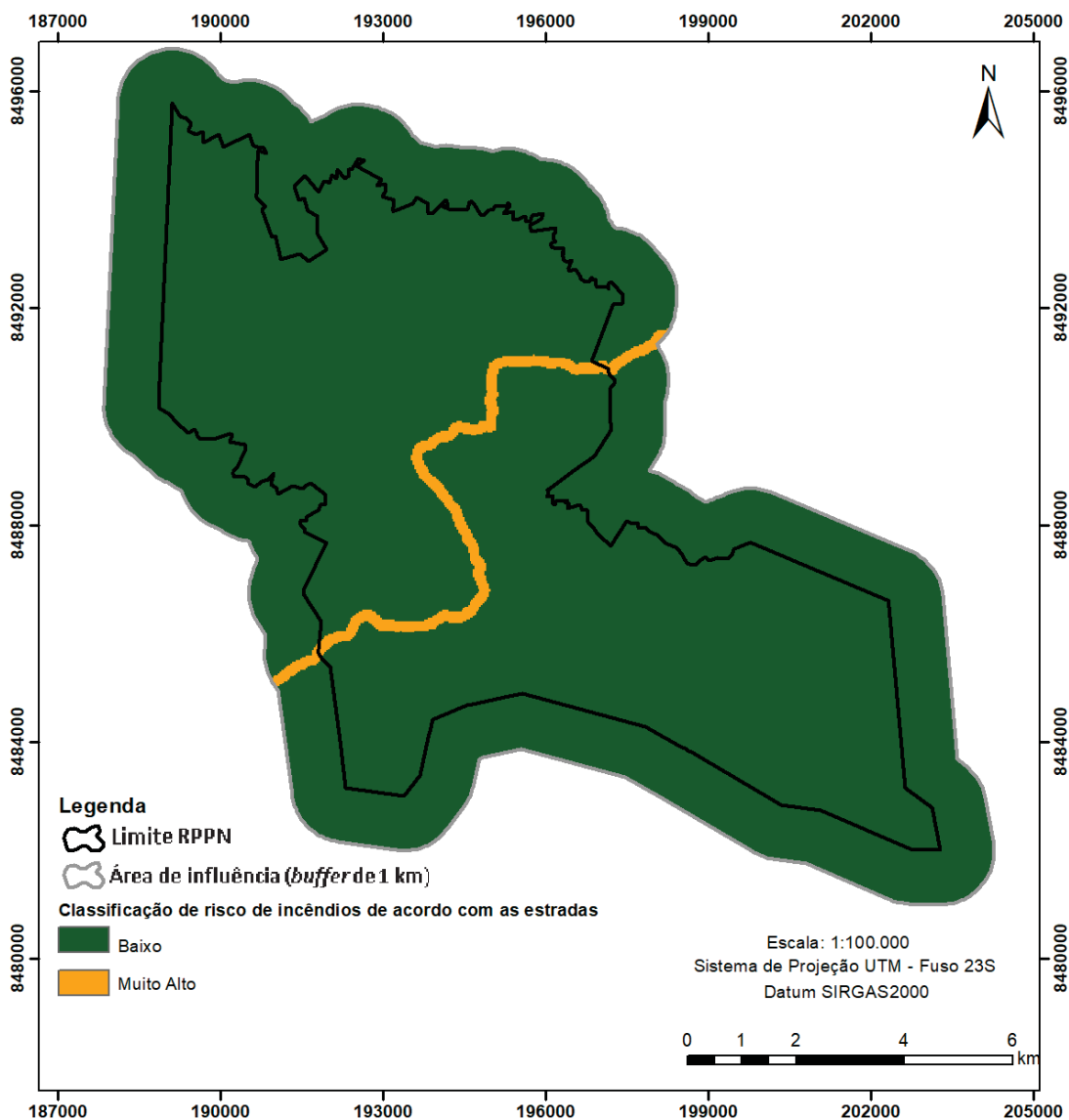
NOTA: a área de influência corresponde a um *buffer* de 1km a partir do limite da reserva.

Neste contexto é válido levar em consideração que as vias existentes possuem maior risco em favor do fluxo de pessoas e de veículos ao acessar a reserva (SOARES NETO *et al.*, 2016). As estradas são conhecidas por apresentar um elemento fomentador, ou seja, em função da presença de incêndios criminosos, realização de cultos religiosos, incêndios motivados por fogueiras e pontas de cigarro acesas, dentre outras possibilidades (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Cipriani *et al.* (2011) relatam que as rodovias permitem o ingresso de indivíduos que, propositalmente ou não, são capazes de começar a ignição do material combustível (RIBEIRO *et al.*, 2012).

Nesse sentido, a estrada por possuir uma área de influência considerável na reserva é um elemento que se deve manter o monitoramento contínuo. O risco de incêndio alto em estradas e vias de acesso podem ser corroborados em vários estudos no Brasil, tanto de zoneamentos preventivos (KOVALSYKI, 2016; BACANI, 2016; CAMELO, SANCHES; NAKAGOMI, 2020), quanto em monitoramento de incêndios antigos (TORRES *et al.*, 2018).

FIGURA 16 - PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE ACORDO COM AS ESTRADAS



FONTE: O autor (2023).

5.2.5 Zoneamento de risco de incêndios da RPPN Serra do Tombador

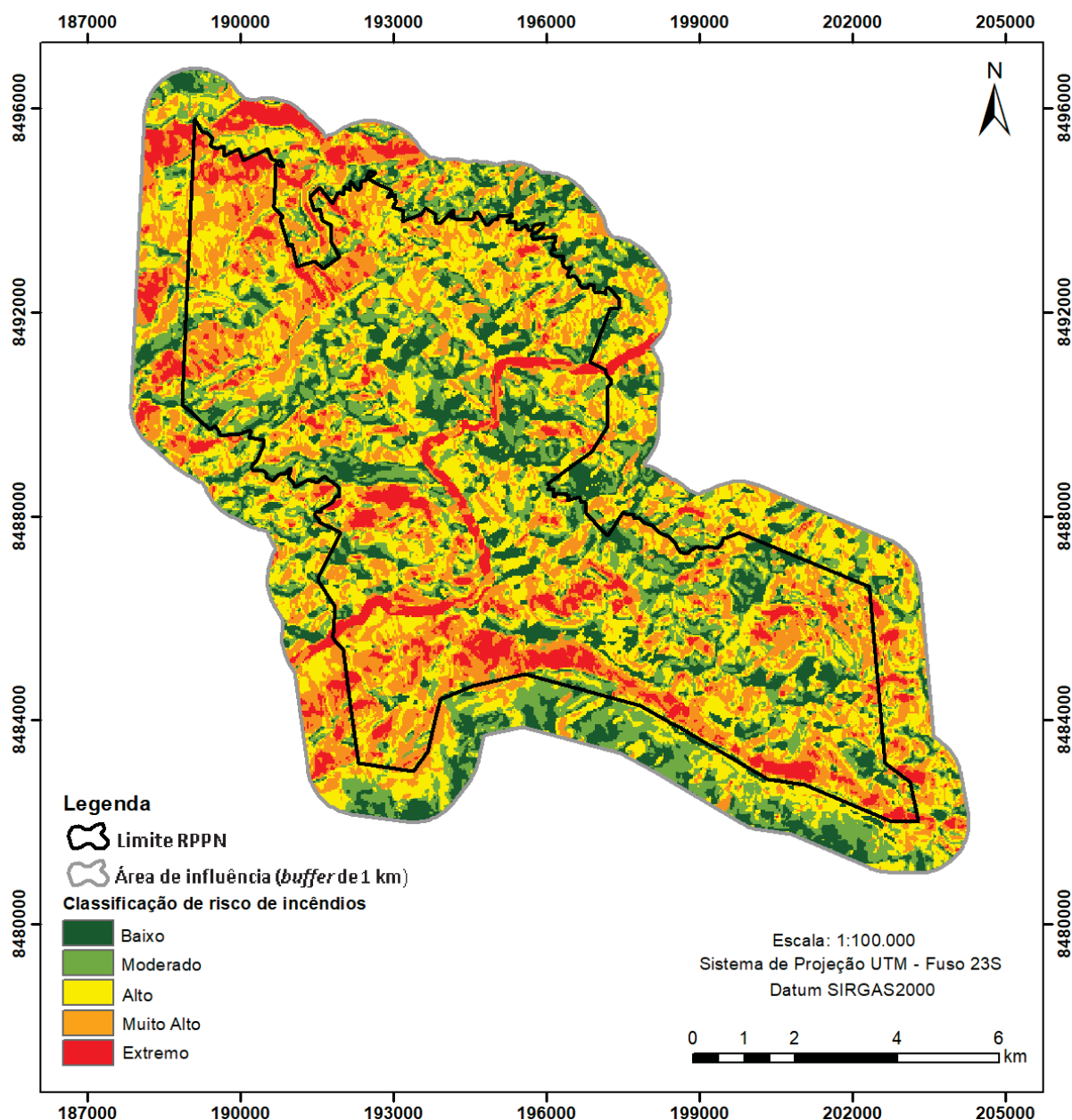
A partir da integração dos mapas de risco foi gerado o zoneamento de risco de incêndios da Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador (Tabela 18), que proporcionou a visualização das áreas com maiores possibilidades de futuros incêndios de acordo com os elementos analisados (Figura 17).

TABELA 18 - CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIOS NA RPPN SERRA DO TOMBADOR

CLASSE	RPPN SERRA DO TOMBADOR		ÁREA DE INFLUÊNCIA		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Baixo	1.231,99	14,11	1.006,53	17,08	2.238,53	15,31
Moderado	1.410,36	16,15	1.270,63	21,57	2.680,99	18,34
Alto	2.765,82	31,68	1.886,28	32,02	4.652,10	31,82
Muito alto	2.496,20	28,59	1.292,30	21,94	3.788,50	25,91
Extremo	826,13	9,46	435,65	7,39	1.261,78	8,63
Total	8.730,50	100,00	5.891,40	100,00	14.621,90	100,00

FONTE: O autor (2023).

FIGURA 17 - ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR



FONTE: O autor (2023).

A classe de risco alto foi a de maior representatividade com uma área de 4.652,10 ha, correspondendo 31,82% do total e se distribuindo por todas as partes da reserva. As classes muito alto e extremo apresentaram respectivamente 3.788,50 ha (25,91%) e 1.261,78 ha (8,63%), representadas fortemente pela presença da estrada que atravessa a reserva em sua região central, e ainda a porção de área nas extremidades da reserva onde a vegetação savânica e a declividade com risco extremo e muito alto se destacaram. As classes de risco baixo e moderado apresentaram 2.238,53 ha (15,31%) e 2.680,99 (18,34%) respectivamente, arranjadas principalmente na parte central da reserva e na extremidade da área de influência.

Um total de 66,36% da reserva foi classificada com risco de alto a extremo, o que demonstra a tendência para a conjuntura de incêndios e queimadas de acordo com os parâmetros aplicados, e considerando o bioma Cerrado como bastante inflamável, é de suma importância ser dada uma atenção sobre a área para a preservação da reserva.

Os resultados sugerem que as características analisadas (cobertura vegetal, declividade, orientação das encostas e as estradas) podem favorecer o ingresso, a propagação e o comportamento do fogo.

Soares Neto *et al.* (2016), ao estudar os riscos de incêndio no Parque Nacional de Brasília, no bioma Cerrado, encontraram um risco alto de 59,92% influenciado fortemente pela declividade do terreno. Na RPPN Serra do Tombador, diferentemente, o maior peso para o aumento de risco de incêndios foi a vegetação existente, que influenciou no mapa final. A vegetação desse bioma tem por característica ter uma maior predisposição a incêndios florestais do que outras fitofisionomias devido ao baixo potencial de armazenamento de umidade e, dessa forma passarão a ser mais vulneráveis a seca (GANTEAUME; JAPPIOT, 2013; TORRES *et al.*, 2017a).

O fator antrópico se destaca como um dos mais importantes causadores de incêndios florestais ao redor do mundo. Na Suíça, Brasil e Chile foi constatado que os maiores episódios de incêndios florestais estão diretamente ligados à densidade de estradas (DÍAZ HORMAZÁBAL; GONZÁLEZ, 2016). A estrada que atravessa a reserva possui um potencial na ignição de possíveis incêndios florestais. Camelo, Sanches e Nakagomi (2020), avaliando o risco de incêndio na Estação Ecológica Águas Emendadas no Distrito Federal, também concluíram que as zonas urbanas e

rodovias foram as mais propícias para a ocorrência de fogo. Sustentando essa afirmação Torres *et al.* (2018) e Gobbo *et al.* (2016) encontraram áreas queimadas que se localizavam adjacentes a vias de acessos.

Torres *et al.* (2011) indicam que mesmo com as conjunturas físicas do local como a declividade, exposição das vertentes, uso e ocupação do solo, dentre outros fatores, quando desprovido de agente causador dificilmente ocorrerá um incêndio, e quando ocorre está diretamente ligado a presença humana.

Em contrapartida, a presença da rodovia pode ajudar no combate aos possíveis incêndios, por servirem de acesso às áreas acometidas facilitando a atividade dos brigadistas, além de ser considerado um aceiro existente podendo evitar propagação do fogo. Nesse sentido, Lacerda *et al.* (2022) ao estudar o Parque Nacional da Serra da Gandarela, este localizado no ecótono entre o Cerrado e a mata atlântica, observaram que as estradas existentes são aliadas no controle de incêndios na UC, pois permitem que os recursos para combate estejam disponíveis com maior rapidez.

Para todas as áreas, seja ela considerada como de altíssimo ou de baixíssimo risco, o incêndio só vai acontecer devido a uma causa ou de uma fonte introdutória de calor. Portanto, as atividades de prevenção de incêndios florestais têm que explorar a erradicação de suas causas (NOGUEIRA *et al.*, 2002).

5.3 MONITORAMENTO CONTÍNUO E RECOMENDAÇÕES

Existem várias medidas preventivas utilizadas no combate e na minimização do impacto do fogo na ignição, porém para alcançar maiores efeitos positivos o aliado principal da prevenção é o planejamento estratégico na área de utilização (TAGLIARINI *et al.*, 2020).

Comparado a zoneamento com a frequência do fogo entre os anos de 2013 e 2020 e o zoneamento proposto, não foi possível identificar um nível alto de frequência de fogo onde se localiza a rodovia na reserva, portanto a estrada não é fator limitante na ocorrência de fogo como observado em outros trabalhos.

O entorno da reserva se confirma no zoneamento a classe alto ou muito alto pela alta frequência de fogo no período representado, destacando a importância do uso da área de amortecimento como fator de risco de futuros incêndios.

As formações florestais e seu risco de incêndio se confirmam através da frequência de fogo, onde as formações campestres e savânicas como as mais afetadas pelo fogo. Recomenda-se deste modo uma atenção especial nas áreas de entorno da reserva, bem como nas formações campestres e savânicas presentes na RPPN.

O detalhamento e o preenchimento correto dos ROIs fazem com que as medidas preventivas sejam mais eficazes, a estatística sobre os dados resultantes ajuda na compreensão dos futuros incêndios, através do planejamento. Os meses de julho a novembro deve-se redobrar a atenção para futuros focos de incêndios.

Recomenda-se a continuação do monitoramento e estudos científicos na RPPN, pois quanto maior o acervo sobre o assunto mais fácil é o entendimento do fogo na reserva. Como sugestão para próximos trabalhos, seria a continuidade dos monitoramentos das cicatrizes de fogo; o incremento das condições meteorológicas em séries históricas no zoneamento de risco; e a adequação da equação de ponderação do ZRIF, através da criação um modelo próprio.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o zoneamento de risco de incêndio florestal proposto neste trabalho permitiu uma melhor visualização da distribuição espacial do risco de incêndios, bem como a identificação de áreas prioritárias para o manejo do fogo.

As formações Savânicas e Campestres consistiram nas fitofisionomias com maior susceptibilidade à incêndios florestais, especialmente quando relacionadas à aspectos físicos como alta declividade e a orientação das vertentes.

Os registros de ocorrências de incêndios da reserva permitiram a tabulação de dados referente ao demonstrativo do fogo no local. A falta de alguns elementos no preenchimento dos ROIs dificultou a comparação das áreas relatadas nos registros para com as cicatrizes encontradas.

Quanto as cicatrizes, a maior frequência de incêndios ocorreu nas áreas Noroeste e Sudeste da reserva, em destaque as áreas de entorno e com formações savânicas e campestres.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; VASCONCELOS, H. L.; PILON, N. A.; ROSSATTO, D. R.; DURIGAN, G. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. **Sci. Adv.** v.3, p.1–8, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1126/sciadv.1701284>>.
- ADÁMEK, M.; JANKOVSKÁ, Z.; HADINCOVÁ, V.; KULA, E.; WILD, J. Drivers of forest fire occurrence in the cultural landscape of Central Europe. **Landscape Ecology**, v. 33, n. 11, p. 2031 - 2045, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10980-018-0712-2>>.
- ALMEIDA, J. G.; MATTOS JÚNIOR, J. S. A dinâmica da produção de soja no município de Brejo (MA) e seus reflexos na produção agrícola camponesa. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, Uberlândia, v. 11, n. 24, p. 374-399, 2016.
- ALVARADO, S. T. Variação espaço-temporal da ocorrência do fogo nos Biomas Brasileiros com base na análise de produtos de Sensoriamento Remoto. **Geografia**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 321–345, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.5016/geografia.v44i2.15119>>.
- ALVARADO, S.T.; FORNAZARI, T.; CÓSTOLA, A.; MORELLATO, P.L.C.; SILVA, T.S.F. Drivers of fire occurrence in a mountainous Brazilian cerrado savanna: tracking long-term fire regimes using remote sensing. **Ecological Indicators**, v.78, p.270–281, 2017. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.037>>.
- ALVES, D. B.; PÉREZ-CABELLO, F.; CAMBRAIA, B. C.; BONADEU, F.; SILVEIRA, A. L. P. Análise multitemporal de áreas afetadas pelo fogo no enclave de cerrado do Parque Nacional dos Campos Amazônicos utilizando sensoriamento remoto e trabalho de campo. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 22, e18, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.5902/2236499433584>>.
- ARAÚJO, E. A.; RIBEIRO, G. A. Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 75-85, jan./fev. 2005.
- ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. A. Distribution patterns of burned areas in the brazilian biomes: an analysis based on satellite data for the 2002-2010 period. **Remote Sensing**, Basel, v. 4, p. 1929-1946, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.3390/rs4071929>>.
- ARRUDA, V. L. S. **Mapeamento de cicatrizes de áreas queimadas no cerrado, usando imagens landsat, google earth engine e deep learning**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamento de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 779 – 787, 2013. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500001>>.

BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. S.; SOARES, R. V. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 2002. 86p.

BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; DEPPE, F.; GRODZKI, L.; GRASSI, J. T. Análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o risco de incêndios florestais no estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 491 – 501, 2014.

BATISTA, E. K. L.; RUSSEL-SMITH, L.; FRANÇA, H.; FIGUEIRA, J. E. C. An evaluation of contemporary savanna fire regimes in the Canastra National Park, Brazil: outcomes of fire suppression policies. **Journal of Environmental Management**, n. 205, p. 40 - 49, 2018. DOI: <10.1016/j.jenvman.2017.09.053>.

BACANI, V. M. Geoprocessing applied to risk assessment of forest fires in the municipality of Bodoquena, Mato Grosso do Sul. **Revista Árvore**, v.40, p.1003-1011, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000600005>>.

BORGES, S. L. *et al.* Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. **Ambient. soc.**, vol.19, n.3, p.269-294, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150020R1V1932016>>.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, C. A.; MACK, M.; MORITZ, M. A.; PYNE, S.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SODHI, N. S.; SWETNAM, T. W. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 2223 - 2236, 2011. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>>.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J. K.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; CARLSON, J. M.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R. S.; DOYLE, J. C.; HARRISON, S. P.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, A. C.; MARSTON, J. B.; MORITZ, M. A.; PRENTICE, I. C.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SWETNAM, T. W.; WERF, G. R.; PYNE, S. J. Fire in the Earth System. **Science**, v. 324, p. 481 - 484, 2009. DOI: <<https://doi.org/10.1126/science.1163886>>.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2000.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1973. 686 p.

CAMELO, A. P. S.; SANCHES, K.; NAKAGOMI, B. Zoneamento de incêndios florestais na Estação Ecológica Águas Emendadas, Distrito Federal (Brasil). **Territorium**, v. 27, n. 2, p. 67–79, 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i4.1306>>.

CERDÀ, A.; RODRIGO-COMINO, J.; GIMÉNEZ-MORERA, A.; KEESSTRA, S.D. An economic, perception and biophysical approach to the use of oat straw as mulch in

Mediterranean rainfed agriculture land. **Ecol. Eng.** v. 108, p.162–171, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.028>>.

CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; YEBRA, M.; NIETO, H.; JAVIER SALAS, J.; MARTÍN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRÍGUEZ, F.; MOLINA, J. R.; HERRERA, M. A.; ZAMORA, M. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. **Ecological Modelling**, v. 221, p. 46 – 58, 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017>>.

CIPRIANI, H. N., PEREIRA, J. A. A., SILVA, R. A., FREITAS, S. G. D., E OLIVEIRA, L. T. D. (Fire risk map for the Serra de São Domingos Municipal Park, Poços de Caldas, MG. **Cerne**, 17, 77-83, 2011. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000100009>>.

CLAR, C. R.; CHATTEN, L. R. **Principles of forest fire management**. California: Office of Procurement. 1975. 274 p.

CREMER, K. W. **Effects of fire on vegetation** – Dilemmas for prescribed burning in Australian. Biodiversity, Australian, 2004.

DALCUMUNE, M. A. B.; SANTOS, A. R. Mapeamento de índice de risco de incêndio para a Região da Grande Vitória/ES, utilizando imagens do satélite LANDSAT para o ano de 2002. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 1485-1492.

DALDEGAN, G. A. Análise espaço-temporal de queimadas em áreas nativas de cerrado: RPPN Serra Do Tombador, Cavalcante, GO. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

DÍAZ HORMAZÁBAL, I.; GONZÁLEZ, M. E. Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. **Bosque**, Valdivia, v. 37, n. 1, p. 147-158, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000100014>>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Wildland fire management terminology**. 2003. Disponível em: www.fire.uni.freiburg.de/literature/glossary.htm> Acesso em 20/09/2021.

FIDELIS, A.; ALVARADO, S. T.; BARRADAS, A. C.S.; PIVELLO, V. R. The year 2017: megafires and management in the Cerrado. **Fire**, v. 49, n. 1, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.3390/fire1030049>>.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R. A. Dinâmica da paisagem no entorno da Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador, norte de Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 45, p. 284–293, Uberlândia, 2013.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA. **Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Tombador**. Curitiba, 2011.

GANTEAUME, A.; JAPPIOT, M. What causes large fires in Southern France. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 294, p. 76-85, 2013.

GOBBO, S. D. A. A., GARCIA, R. F., AMARAL, A. A. D., EUGE-NIO, F. C., ALVAREZ, C. R. D. S., E LAPORTI LUPPI, A. S. Uso da Terra no Entorno do PARNA-Caparaó: Preocupação com Incêndios Florestais. **Floresta e Ambiente**, 23, 350-361, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.110114>>.

GUIMARÃES, P.; SOUZA, S.; FIEDLER, N. C.; SILVA, A. Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal. **Agrarian Academy**, v.1, n.1, 2014.

HARDESTY, J.; MYERS, R. FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **Fire management**, v. 22, n. 4, p. 78 - 87, 2005.

HOFFMANN, W.A.; GEIGER, E.L.; GOTSCH, S.G.; ROSSATTO, D.R.; SILVA, L.C.R.; LAU, O.L.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A.C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecol. Lett.** v.15, p.759–768, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x>>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais**. 2020. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>> Acesso em: 20 mar. 2021.

JENKS, G. F. **Optimal data classification for choropleth maps**: Occasional Paper. n. 2, Department of Geography, University Kansas, 1977, 24 p.

KEESSTRA, S.; MOL, G.; DE LEEUW, J.; OKX, J.; DE CLEEN, M.; VISSER, S. Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work. **Land**, v.7, p.133, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.3390/land7040133>>.

KLINK, C. A. MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

KOPROSKI, L. P. **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KOPROSKI, L. P.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G. BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 551–562, 2011.

KOVALSYKI, B. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o parque estadual de vila velha e seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

KOVALSYKI, B. **Histórico e comportamento do fogo no parque estadual de Vila Velha, Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

LACERDA, H. C.; FARIA, A. L. L.; TORRES, F. T. P.; FONSECA, H. P.; SOARES, W. O.; SILVA, M. A. S. Susceptibility to wildfire in a conservation unit located in the transition region of Cerrado and Atlantic Forest Biomes, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 451-473, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.5902/1980509864171>>.

LIMA, I. C. **Monitoramento dos focos de queimadas nos biomas Amazônia e Cerrado nas estações secas e chuvosa de 2017**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LOPES, A. C. L.; FREITAS, A. V. M.; COSTA, D. O.; BELTRÃO, N. E. S.; TAVARES, P. A. Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. **Revista Verde**, Pombal-PB, v. 12, n.2, p.298-303, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.18378/rvads.v12i2.4843>>.

LOURENÇO, L.; SERRA, G.; MOTO, L.; PAÚL, J. J.; CORREIA, S.; PAROLA, J. E REIS, J. **Manual de Combate a incêndios florestais para equipes de primeira intervenção**. Cadernos Especializados da ENB, 1; 3ª Edição; Escola Nacional de Bombeiros, 2006.

MEDEIROS, M. B. **Manejo de Fogo em Unidades de Conservação do Cerrado**. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, v. 10, 2002.

MENDES, A. E. O. **Incêndios florestais, diálogos e interações entre agricultores do entorno de unidade de conservação**. Viçosa, Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – UFV, 2014.

MÉRIDA, J. C. F. Factores ambientales. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. Madrid: McGRAWHILL, 2000.

MILLER, C.; AGER, A. A. A review of recent advances in risk analysis for wildfire management. **International Journal of Wildland Fire**, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2013. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF11114>>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade: 2º atualização**. 2018. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-das-areas-prioritarias>. Acesso em: 26 mar. 2021.

MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.D.C., MIRANDA, A.C., The Fire Factor, the Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, New York, 2002. DOI: < [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0656:DFABRE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0656:DFABRE]2.0.CO;2)>.

MORGAN, P.; HARDY, C. C.; SWETNAM, T. W.; ROLLINS, M. G.; LONG D. G. Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. **International Journal of Wildland Fire**, v. 10, p. 329–342, 2001. DOI: <<https://doi.org/10.1071/WF01032>>.

MORIYAMA, V. **Chapada dos Veadeiros** – antes e depois do maior incêndio de sua história (2018). Disponível em: < <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2018/04/parque-nacional-chapada-dos-veadeiros-incendio-florestal-cerrado>>. Acesso em 23 de maio de 2023.

MOTA, P. H. S.; ROCHA, S. J. S. S.; CASTRO, N. L. M.; MARCATTI, G. E.; FRANÇA, L. C. J.; SCHETTINI, B. L. S.; VILLANOVA, P.; SANTOS, H. T.; SANTOS, A. R. Forest fire hazard zoning in Mato Grosso State, Brazil. **Land Use Policy**, vol. 88, n. 104206, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104206>>.

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

MYERS, N.; MITTERMEIER, A. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853—858, 2000. DOI: <<https://doi.org/10.1038/35002501>>.

NEPSTADE, D. C. A.; MOREIRA, A.; ALENCAR A. **A Floresta em Chamas**: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. p. 71, 1999.

NOGUEIRA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; RIBEIRO, C. A. S.; SILVA, E. P. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.363-369, 2002. DOI: < <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000300012>>.

ONIGEMO, A. E. **Avaliação de Índices de Risco de Incêndio em Áreas com Predominância de Gramíneas Cespitosas na Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

PEREIRA, P.; CERDÀ, A.; LOPEZ, A. J.; ZAVALA, L. M.; MATAIX-SOLERA, J.; ARCENEGUI, V.; NOVARA, A. Short-term vegetation recovery after a grassland fire in Lithuania: The effects of fire severity, slope position and aspect. **Land Degrad. Dev.** v.27, p.1523–1534, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1002/ldr.2498>>.

PEREIRA, A. A.; TEIXEIRA, F. R.; LIBONATI, R.; MELCHIORI, E. A.; CARVALHO, L. M. R. Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no cerrado utilizando dados Landsat TM. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 8, p. 1665-168, 2016.

PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. **Fire Ecol.** v.7, p.24–39, 2011. DOI: < <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>>.

PRUDENTE, T. D. **Risco integrado de incêndio florestal em áreas de cerrado:** contribuições metodológicas. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016.

RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian forest fire statistics.** Ontario: Canadian Forest Service, 1981. 71p. (Information Report PI-X-9).

RAMOS NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, v. 26, p.675-684, 2000. DOI: < <https://doi.org/10.1007/s002670010124>>.

REDIN, M.; SANTOS, G. DE F. DOS; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A; SOUZA, E. L. de. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr.-jun., 2011. DOI: < <https://doi.org/10.5902/198050983243>>.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do bioma Cerrado, in: SANO, S.M., ALMEIDA, S.P., RIBEIRO, J.F. (Eds.), **Cerrado: Ecologia e Flora.** EMBRAPA Cerrados, Planaltina, pp. 151–199, 2008.

RIBEIRO, L. *et al.* Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. **Cerne**, v. 18, p. 117-126, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100014>>.

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, p. 561-572, 2008. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v38i3.12430>>.

RISSI, M. N.; BAEZA, M.J.; GORGONE-BARBOSA, E.; ZUPO, T.; FIDELIS, A. Does season affect fire behaviour in the Cerrado? **Int. J. Wildl. Fire.** v. 26, p.427–433, 2017. DOI: < <http://dx.doi.org/10.1071/WF14210>>.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environ. Monit.** v.166, p.113–124, 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>>.

SCHMIDT, I. B.; FONSECA, C. B.; FERREIRA, M. C.; SATO, M. N. Experiências internacionais de manejo integrado do fogo em áreas protegidas – recomendações para implementação de manejo integrado de fogo no Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 41 – 54, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.586>>.

SILVA, C. V. J.; COSTA, O. B.; MATRICARDI, E. A. T. Detecção de cicatrizes do fogo na vegetação cerrado do distrito federal entre 1999 a 2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 69/4, p. 687-699, 2017.

SIMON, M.F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L.P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T.; HUGHES, C.E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings...** of the National Academy of Science, v.106, p.20359–20364, 2009.

SOARES NETO, G. B. S.; BAYMA, A. P.; FARIA, K. M. S.; OLIVEIRA, E. G.; MENEZES, P. H. B. J. Riscos de incêndios florestais no parque nacional de Brasília. Brasil. **Territorium**, Vilarinho, n. 23, p. 161-170, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14195/1647-7723_23_13>.

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007, 264 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. 2. ed. Curitiba, 2008. 55 p.

TAGLIARINI, F. S. N. *et al.* Zoneamento do risco de incêndios florestais em bacia hidrográfica. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 5, p.28779-28790, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-356>>.

TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 538-549, 2013. DOI: < <https://doi.org/10.4322/floram.2013.036>>.

TETTO, A. F. **Avaliação do risco como subsídio para o planejamento da proteção contra incêndios florestais em unidades de conservação: estudo de caso da flona de Irati – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TORRES, F. T. P., E MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia** (Geographica, E. Ed.). Ubá: Cengage Learning, 2008.

TORRES, F. T. P.; LIMA, G. S.; COSTA, A. G.; FÉLIX, G. A.; SILVA JÚNIOR, M. R. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 531 – 542, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.44199>>.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; E LIMA, G. S. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, 34, 297-303, 2010. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200012>>.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, v.35, n.1, p.143-150, 2011. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000100017>>.

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**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 811-817, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500005>>.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; E DE FARIA, A. L. L. Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v.24, e00025615, 2017. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.025615>>.

TORRES, F. T. P.; TORRES, C. M. M. E.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V., MENDES; A. E. D. O., Padovani, M. T.; VAL-VERDE, S. R. Análise do perfil dos incêndios florestais no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro e entorno (MG). **Ciência Florestal**, 28, 1008-1021, 2018. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509833384>>.

VASCONCELOS, S. S.; FEARNSTIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; NOGUEIRA, E. M.; OLIVEIRA, L. C.; FIGUEIREDO, E. O. Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: estimates of area and potential carbon emissions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 291, p. 199-208, 2013. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.044>>.

USGS - United States Geological Survey. **Earth Explorer**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov>>. Acesso em 30 out. 2022.

WANG, X. D. K.; THOMPSON, G. A.; MARSHALL, C.; TYMSTRA, R.; CARR, M. FLANNIGAN, D. Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change. **Climatic Change**, v.130, p.573–586. 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1375-5>>.

WHELAN, R. J. **The Ecology of Fire**, *Scientific American*. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

APÊNDICE 1 – ROI UTILIZADO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR (MODELO 1)



FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO
DE PROTEÇÃO À NATUREZA

RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO (ROI)

Data do preenchimento	
Responsável pelo preenchimento	

Direção de onde veio o incêndio	
Nome do local de onde veio o incêndio	
Localização provável do início do incêndio	

Forma de detecção	
	<input type="checkbox"/>

ACIONAMENTO OU CONVOCAÇÃO PARA COMBATE

NOME	Data	Hora	Contato

Coordenadas do início do combate	LAT	LONG
	°	°
	'	'
	“	“

V SIM - COMBATE INTEGRADO

DATA	INÍCIO (horário)	FIM (horário)	QUANTIDADE DE PESSOAS ENVOLVIDAS					
			RNST	BRIGADA CONTRATADA	PREVFOGO	BOMBEIROS	BRIGADA VOLUNTÁRIA	TOTAL

VEGETAÇÃO ATINGIDA PELO INCÊNDIO

APÊNDICE 2 – ROI UTILIZADO NA RPPN SERRA DO TOMBADOR (MODELO 2)

RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO (ROI)	
RESERVA NATURAL SERRA DO TOMBADOR	
CAVALCANTE - GO	
ANO:	
MÊS:	
DIA:	
HORA:	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:	
MODO DE DETECÇÃO:	<input type="checkbox"/> Relatório PROARCO <input type="checkbox"/> Patrulha – funcionário <input type="checkbox"/> Horizonte – funcionário <input type="checkbox"/> Vizinhos <input type="checkbox"/> Outros –
ESPECIFICAÇÃO DO LOCAL:	
PROVÁVEL CAUSA/ORIGEM DO FOGO:	
IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL (NOME DO MELIANTE):	
DESCRIÇÃO DOS DANOS:	
ÁREA QUEIMADA - PERÍMETRO (HA):	
ANIMAIS MORTOS:	
RELATO POR DIA	
ATUAÇÃO DA BRIGADA VOLUNTÁRIA:	
ATUAÇÃO DA BRIGADA DO PREVFOGO:	
ATUAÇÃO DO CGPRO:	

Conclusões e aprendizados:

APÊNDICE 3 – RESUMO DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS DA RPPN SERRA DO TOMBADOR

ID	Deteção	Intervalo em minutos	Mobilização	Intervalo em minutos	Ataque inicial	Intervalo em minutos	Controle/extinção	Intervalo de detecção - extinção (em horas)	Área queimada (ha)	Nº brigadistas
1	18/08/2013 11:10 AM	20	18/08/2013 11:30 AM	360	18/08/2013 05:30 PM	1680	19/08/2013 09:30 PM	34,3	446	14
2	18/06/2015 08:15 PM	-	-	-	19/06/2015 07:00 AM	3480	21/06/2015 05:00 PM	68,8	216	22
3	14/09/2015 07:00 PM	60	14/09/2015 08:00 PM	12	14/09/2015 08:12 PM	108	14/09/2015 10:00 PM	3,0	-	4
4	13/10/2015 07:00 AM	360	13/10/2015 01:00 PM	420	13/10/2015 08:00 PM	540	14/10/2015 05:00 AM	22,0	-	8
5	-	-	15/10/2015 01:00 PM	270	15/10/2015 05:30 PM	1350	16/10/2015 04:00 PM	27,0	-	7
6	17/10/2015 05:00 PM	840	18/10/2015 07:00 AM	580	18/10/2015 04:40 PM	1430	19/10/2015 04:30 PM	47,5	-	15
7	18/10/2015 02:00 PM	-	-	-	-	-	-	-	-	17
8	20/10/2015 07:30 AM	-	-	-	20/10/2015 07:30 AM	1590	21/10/2015 10:00 AM	26,5	-	11
9	02/06/2016 07:20 AM	40	02/06/2016 08:00 AM	80	02/06/2016 09:20 AM	490	02/06/2016 05:30 PM	10,2	-	5
10	30/06/2016 09:00 AM	85	30/06/2016 10:25 AM	42	30/06/2016 11:07 AM	119	30/06/2016 01:06 PM	4,1	-	4
11	24/08/2016 11:00 AM	90	24/08/2016 12:30 PM	250	24/08/2016 04:40 PM	1040	25/08/2016 10:00 AM	23,0	-	18
12	25/08/2016 07:00 PM	-	-	-	26/08/2016 10:00 AM	200	26/08/2016 01:20 PM	18,3	-	10
13	07/09/2016 10:00 AM	0	07/09/2016 10:00 AM	420	07/09/2016 05:00 PM	180	07/09/2016 08:00 PM	10,0	-	8
14	08/09/2016 08:00 AM	60	08/09/2016 09:00 AM	0	08/09/2016 09:00 AM	660	08/09/2016 08:00 PM	12,0	-	8
15	28/11/2016 06:30 PM	-	-	-	29/11/2016 08:00 AM	360	29/11/2016 02:00 PM	19,5	-	3
16	12/03/2017 07:30 PM	-	-	-	-	-	12/03/2017 08:00 PM	0,5	-	-
17	29/05/2017 03:30 PM	50	29/05/2017 04:20 PM	115	29/05/2017 06:15 PM	109	29/05/2017 08:04 PM	4,6	1,9	2
18	16/08/2017 07:00 PM	10	16/08/2017 07:10 PM	80	16/08/2017 08:30 PM	1410	17/08/2017 08:00 PM	25,0	351	9
19	28/06/2019 09:00 AM	-	-	-	28/06/2019 10:00 AM	960	29/06/2019 02:00 AM	17,0	65	3
20	04/09/2019 07:20 AM	-	-	-	-	-	04/09/2019 03:20 PM	8,0	17,5	-
21	11/10/2019 01:00 PM	-	-	-	-	-	11/10/2019 08:00 PM	7,0	77,6	-
22	17/10/2019 06:53 PM	-	-	-	18/10/2019 04:00 AM	360	18/10/2019 10:00 AM	15,1	34,5	-
23	25/10/2019 08:00 PM	30	25/10/2019 08:30 PM	20	25/10/2019 08:50 PM	100	25/10/2019 10:30 PM	2,5	29,5	-
24	02/10/2020 05:20 PM	-	-	-	03/10/2020 01:30 PM	1080	04/10/2020 07:30 AM	38,2	505	3
25	22/10/2020 06:30 AM	90	22/10/2020 08:00 AM	120	22/10/2020 10:00 AM	-	-	3,5	4	-
TOTAL		1735		2769		17246		448	1748	171
MÉDIA		133		198		862		19	121	8