

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

BIANCA FREIRE

**DIAGNÓSTICO DA INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES HUMANAS NA
OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS DO PARQUE ESTADUAL DO PAU FURADO**

**MONTE CARMELO
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

BIANCA FREIRE

**DIAGNÓSTICO DA INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES HUMANAS NA
OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS DO PARQUE ESTADUAL DO PAU FURADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Prof. Dr João Vitor Meza Bravo

**MONTE CARMELO
2022**

BIANCA FREIRE

**DIAGNÓSTICO DA INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES HUMANAS NA
OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS DO PARQUE ESTADUAL DO PAU FURADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 29 de julho de 2022.

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo
Orientador(a)

Bombeiro, Geógrafo, Esp. Vítor Pagadigorria Zucchi
Membro da Banca

Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior
Membro da Banca

**MONTE CARMELO
2022**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos. Não foram anos fáceis, mas desistir nunca foi uma opção, graças a Ele eu sempre tive todo o amparo que precisei.

Aos meus pais Gilberto do Carmo Freire e Maria Aparecida de Souza Freire e as minhas irmãs Ligia Freire e Fernanda Freire, que sempre me incentivaram e torceram por mim nos momentos mais difíceis, desde a época em que a Engenharia Florestal era apenas um sonho e que hoje se tornou realidade. Sem vocês, eu não conseguiria chegar até onde estou. Só tenho a agradecer aos membros da minha família, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a minha caminhada na Universidade.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica e na minha vida.

Agradeço a todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, para que pudesse enriquecer o meu processo de aprendizado. Principalmente ao Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo por ser meu orientador ao longo de todos esses anos, trabalhando sempre com desempenho e dedicação ajudando na minha formação profissional.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação ao longo do curso.

À Universidade Federal de Uberlândia-UFU *Campus* Monte Carmelo, que foi essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Incêndio Parque Estadual do Pau Furado, 2017.....	16
Figura 2. Incêndio Parque Estadual do Pau Furado.....	16
Figura 3. Mapa de Localização, Parque Estadual do Pau Furado.	19
Figura 4. Distribuição de focos de incêndios no PEPF.....	20
Figura 5. Imagens com correções e sem correções atmosféricas.....	21
Figura 6. Uso e ocupação do solo.....	22
Figura 7. Buffers e o Uso e ocupação do Solo.	24
Figura 8. Focos de incêndios.....	25
Figura 9. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2017.	26
Figura 10. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2018.	27
Figura 11. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2019.	28
Figura 12. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2020.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Bandas Espectrais para o Sentinel-2 (S2A & S2B).....	20
Tabela 2. Classificação de uso e ocupação do solo nos anos de 2017 a 2020.	22
Tabela 3. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2017	25
Tabela 4. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2018	26
Tabela 5. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2019	27
Tabela 6. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2020	28

RESUMO

Os incêndios florestais são frequentes dentro de Unidades de Conservação e constituem uma das principais preocupações no manejo dessas áreas. Para auxiliar na prevenção e controle de incêndios florestais, ferramentas de geotecnologia vêm sendo testadas e empregadas. Assim, o presente trabalho teve como intuito, identificar a influência das atividades antrópicas e analisar os focos de incêndios em uma Unidade de Conservação empregando ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG) e sensoriamento remoto (SR). A área de estudo localiza-se no Parque Estadual do Pau Furado, situado entre os municípios de Uberlândia e Araguari, na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. As imagens, foram adquiridas através do site USGS.gov. Com as imagens, realizou-se a correção atmosférica, pelo plugin Semi-Automatic Classification (SCP), componente do software Qgis 3.22.5 e as imagens obtidas são do satélite Sentinel-2, sensor MSI. O período analisado foi de 2017 a 2020. Na classificação das imagens, utilizou-se a classificação supervisionada e foram aplicados “Buffers” nas dimensões de cada foco de incêndio encontrado na zona de amortecimento e na área limite do PEPF. Ao analisar a zona de amortecimento, encontrou-se que em todos os anos há predomínio de vegetação quando comparadas as classes classificadas, exceto no ano de 2017 em que a agricultura obteve maior destaque. No ano de 2019, ocorreram cerca de 109 focos de incêndios na área de estudo e com as análises dos buffers observaram-se que a classe de vegetação e a de agricultura foram as que mais constataram focos de incêndios. Desta forma, conclui-se que a antropização com o uso de práticas agrícolas e ocorrências de solo exposto são os principais aliados na propagação de incêndios. As práticas de manejo inadequado, ocasionam degradações a proteção do PEPF, visto que a zona de amortecimento não tem realizado a principal função de diminuir os impactos na Unidade de Conservação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Classificação Supervisionada, Incêndios Florestais.

ABSTRACT

Forest fires are frequent inside Conservation Units and constitute one of the main concerns in the management of these areas. To assist in the prevention and control of forest fires, geotechnology tools have been tested and employed. Thus, the present work aimed at identifying the influence of anthropic activities and analyzing the outbreaks of fires in a Conservation Unit using geographic information systems (GIS) and remote sensing (RS) tools. The study area is located in the Pau Furado State Park, situated between the municipalities of Uberlândia and Araguari, in the Triângulo Mineiro region, Minas Gerais. The images were acquired through the USGS.gov website. With the images, the atmospheric correction was performed by the Semi-Automatic Classification (SCP) plugin, a component of the Qgis 3.22.5 software and the images obtained are from the Sentinel-2 satellite, MSI sensor. The period analyzed was from 2017 to 2020. In the classification of the images, the supervised classification was used and "Buffers" were applied to the dimensions of each focus of fire found in the buffer zone and the boundary area of PEPF. When analyzing the buffer zone, it was found that in all years there is a predominance of vegetation when comparing the classes classified, except in the year 2017 in which agriculture was more prominent. In the year 2019, there were about 109 fire outbreaks in the study area and with the analyses of the buffers it was observed that the vegetation class and the agriculture class were the ones that verified most fire outbreaks. Thus, it is concluded that anthropization with the use of agricultural practices and occurrences of exposed soil are the main allies in the propagation of fires. The inadequate management practices cause degradations to the protection of the PEPF, since the buffer zone has not performed its main function of reducing impacts on the Conservation Unit.

Keywords: Remote Sensing, Supervised Classification, Forest Fires.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO GERAL	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
3.1) Incêndios Florestais no Brasil.....	11
3.2) Incêndios Florestais em Unidades de Conservação	14
3.3) Parque Estadual do Pau Furado e combate de incêndios florestais	14
3.4) Aplicações de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas voltadas à detecção e observação de incêndios florestais	16
3.5) Uso e ocupação do solo e a influência nos incêndios florestais	17
4 MÉTODO	18
4.1) Seleção de áreas de observação	18
4.2) Dados e Procedimentos	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6 CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O incêndio florestal é um fenômeno em que há fogo sem controle em material florestal (ISO, 1987). Os incêndios florestais se propagam, geralmente, em função de características naturais, e.g. topografia, tipo de vegetação e condições meteorológicas (WHITE et al., 2014; DURIGAN e RATTER, 2016; DUNN et al., 2017; SEVINC et al., 2019), bem como pela ação humana (MACHADO et al., 2014; PACHECO et al., 2015; MIRANDA et al., 2016).

A topografia, exerce influência sobre o clima e influi também sobre a vegetação e o material combustível (TORRES et al., 2017). Assim, o efeito da topografia é entendido pelos fatores: elevação, exposição e inclinação do solo. As baixas elevações tendem a apresentarem estações de perigo de incêndios mais longas, do que as que possuem altas elevações (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Desta forma, à medida que o grau de inclinação aumenta, a velocidade de propagação aumenta (SOARES e BATISTA, 2007). Do mesmo modo que as condições meteorológicas como: alta velocidade do vento; a baixa umidade relativa; e a ausência de pluviosidade, atuam na propagação dos incêndios (FREIRE; CARRÃO e CAETANO, 2004)

Em relação à vegetação florestal, nota-se que há alteração nas estruturas das plantas, e modificações na composição florística (CASTELLANI e STUBBLEBINE, 1993; COCHRANE, 2003). Os incêndios florestais podem causar: danos às árvores, o que poderá ocasionar a mortalidade da planta, devido ao aquecimento do câmbio; modificação na resistência das árvores, deixando mais susceptíveis a pragas e doenças; redução da fauna, ocorrendo a mortalidade, a perda de habitat e falta de alimentos (REZENDE; OLIVEIRA, 2015).

De acordo com a BBC News Brasil (2019), a maioria dos incêndios florestais no Brasil, são causados pela atividade humana, ou seja, agricultores e madeireiros utilizam dessa atividade para limpar terrenos para plantio ou pastagem. O descuido humano é responsável pela maioria das ocorrências (CHANG et al., 2015). A prevenção contra os incêndios tornou-se difícil, pelo fato de o fogo fazer parte da cultura de muitos agricultores (GOMES, 2006; SAUSEN; LACRUZ, 2015). Os incêndios são causadores de prejuízos ao meio ambiente, à economia e às pessoas (NORTH et al., 2015; SEVINC et al., 2019) e despertam, portanto, a preocupação de governantes, cientistas e população.

Entre os prejuízos ocasionados, podem-se destacar o aumento das emissões de gases, aumento de fenômenos como a erosão, que ocasionam os deslizamentos de terra, devido à destruição da camada superficial do solo; a elevada quantidade de nutrientes contida nas cinzas,

podem ser transportadas, podendo alterar propriedades da água (LOPES, 2013). Os incêndios podem ser responsáveis pela morte de bombeiros, civis, população e destruição de patrimônios e habitações (LOPES, 2013). Conseqüentemente, é necessário que existam marcos regulatórios que permitam fiscalizar e acompanhar processos criminosos ocasionados pela ação do homem (ICMBio, 2010a).

Os incêndios florestais são especialmente preocupantes quando ocorrem dentro de Unidades de Conservação, porque essas áreas são legalmente estabelecidas e delimitadas por suas características relevantes de conservação de fauna, flora e serviços ecossistêmicos. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, foi instituído pela Lei Federal 9.985/2000, o que consiste em seus principais objetivos como a proteção, possui a função de proteção de recursos naturais, do ecossistema e na realização de pesquisas, atividades educacionais para a comunidade e desenvolvimento (BRASIL, 2000). Enquanto em UCs de uso sustentável, possui a função de preservação do ecossistema (PISSATTO et al., 2012).

De acordo com o ICMBio (2017), as ações realizadas para o controle de incêndios florestais em UCs, geram cerca de 10% dos gastos, o que geralmente ocorre em incêndios de grandes proporções. Para a detecção e combate de incêndios florestais, pode-se utilizar vigilância terrestre por meio de postos fixos, torres e patrulhamento aéreo e o monitoramento de imagens, através de satélites (ICMBio, 2010a), que é permitido a localização dos focos de calor ou cicatrizes de árvores queimadas (FRANÇA et al., 2007). O ICMBio atua com a Coordenação Geral de Proteção Ambiental e o IBAMA que atua através do PREVFOGO, utilizam o sensoriamento remoto, como identificação e localização dos incêndios com auxílio da base de dados disponibilizada pelo INPE.

Na região do Triângulo Mineiro, existe uma importante unidade de Conservação denominada Parque Estadual do Pau Furado (PEPF). Sua importância se dá pelas suas características ambientais e por estar localizado numa região tradicionalmente agrícola e extremamente antropizada, com taxas elevadas de desmatamento (FLAUZINO et al., 2010), devido ao desenvolvimento das atividades econômicas ligadas à agropecuária e agricultura (SOUZA, 2010). O Triângulo Mineiro, possui destaque ao nível nacional na produção de cana-de-açúcar, produção de grãos e criação de gado (FLAUZINO et al., 2010).

Nos últimos anos, o PEPF tem sofrido com incêndios, ocasionando perdas de fauna e flora, pois quando se trata do bioma Cerrado é factível afirmar que há maior facilidade na ocorrência de incêndios (SILVA & BATALHA 2008; PIVELLO et al., 2010; MIRANDA et al., 2016; DURIGAN e RATTER, 2016; SCHMIDT et al., 2018). Devido às ocorrências de incêndios florestais no PEPF, no ano de 2019 o parque tomou a iniciativa de permanecer

fechado para visitação da população, sendo aberto apenas para pesquisadores e instituições (IEF, 2020). Desta forma, com os danos causados pelo incêndio, o número de visitantes foi reduzido a 150 pessoas por dia. Para que assim, possa ser mantida a conservação e preservação do PEPF (IEF, 2020). Diante os expostos, é possível ressaltar a importância da utilização de sistemas de monitoramentos de mudanças na vegetação com o decorrer dos anos, por meio do sensoriamento remoto, pois com as informações disponíveis serão fundamentais para auxílio na prevenção, controle e conservação do PEPF.

2 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar a contribuição das atividades humanas na ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Pau Furado, em Minas Gerais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1) Incêndios Florestais no Brasil

Para haver reação da combustão, é necessária a presença de três elementos: material combustível, oxigênio e calor. Desta forma, inicialmente é necessária uma fonte de calor, para ocorrer o aumento da temperatura do material combustível até ponto de ignição (ICMBio, 2010; TORRES et al., 2017).

A classificação do tipo de incêndio, se baseia no grau de envolvimento do extrato do combustível que se encontra na floresta. Desta forma, os incêndios são classificados em: incêndios superficiais, subterrâneos e de copa. Os incêndios superficiais são os principais responsáveis pela manutenção do processo de combustão e pela propagação do fogo. Em períodos secos, eles se tornam inflamáveis, causando incêndios com propagação rápida de chamas e com muito calor. Com os incêndios subterrâneos, o fogo se propaga devido ao pouco oxigênio na zona de combustão, apresenta pouca fumaça e sem chamas (ICMBio, 2010).

Os incêndios subterrâneos, se propagam com o auxílio das camadas de húmus ou turfa que estão presentes no solo mineral e abaixo do piso florestal. Enquanto, nos incêndios de copa as ocorrências são mais em cultivo de coníferas e florestas densas que apresentam folhagens inflamáveis. Deste modo, os incêndios de copa, podem ser caracterizados pela ignição e propagação do fogo na copa das árvores (ICMBio, 2010; SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Saber o tipo de incêndio facilita o auxílio no controle e no combate, pois a falta de informações, além de deixar áreas desprotegidas, pode levar a gastos elevados com proteção e

com mitigação de impactos (SOARES; BATISTA, 2007). Os impactos sociais, ecológicos e econômico dos incêndios, têm aumentado nos últimos anos, devido a condições climáticas de rápida mudança e aumento de população (HESSBURG et al., 2007; NAFICY et al., 2010; HAAS et al., 2013; STEPHENS et al., 2014; JOLLY et al., 2015; DUNN et al., 2017).

Dentre as principais consequências de incêndios florestais, estão entre elas, efeitos sobre solo: pois com a destruição da cobertura vegetal, poderá provocar um acelerado escoamento de água na superfície do solo, o que ocasiona a erosão (DURIGAN e RATTER, 2016; MIRANDA et al., 2016).

O Brasil, teve milhões de hectares de florestas, pastos e savanas destruídas por incêndios florestais nas últimas décadas. No ano de 1963, nos meses de agosto e setembro, um incêndio atingiu cerca de 10% do estado do Paraná, destruindo cerca de 2 milhões de hectares. Com essa destruição, cerca de 5.500 casas foram queimadas e 110 pessoas morreram (PARANÁ, 2002; SAUSEN; LACRUZ, 2015). O incêndio teve início em pequenas queimadas feitas por agricultores para limpar terrenos e saíram do controle. Esse incêndio atingiu 128 municípios da região Norte, Central e Campos Gerais (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

Atualmente, o estado do Paraná vem sofrendo com uma severa estiagem, ocasionando incêndios florestais. De acordo com o comandante-geral do Corpo de Bombeiros do Paraná (2020), os atendimentos a incêndios florestais aumentaram 78% em relação aos anos, devido à estiagem enfrentada ao longo dos últimos meses. Em agosto de 2020, incêndio florestal ocasionou acidentes na rodovia BR-277, em São José dos Pinhais, Paraná. Conforme o portal de notícias G1 Paraná RPC, “Tragédia na BR-277: estiagem aumenta risco de incêndios, e prefeitura havia alertado sobre queimadas em São José dos Pinhais”, tal acidente ocorreu devido a intensa neblina e fumaça estarem propagando na rodovia, o que prejudicou a visibilidade dos condutores. Com a visibilidade afetada, houve colisão entre os veículos, engavetamento e atropelamento de pessoas. Este acidente envolveu 30 pessoas, sendo 10 mortes e 20 feridos.

No ano de 1967, um incêndio florestal ocorreu no Parque Estadual do Rio Doce em Minas Gerais, destruindo cerca de 9 mil hectares, levando à morte de 12 pessoas, sendo todas da equipe de combate ao incêndio (SAUSEN; LACRUZ, 2015). Outro incêndio que teve grande devastação, ocorreu no ano de 1997, que atingiu cerca de 1,5 milhão de hectares em Roraima, pois havia uma seca prolongada em toda a região (SAUSEN; LACRUZ, 2015). De acordo com Shimabukuro et al., (2000), foram feitos estudos com a base de dados de imagens de satélites, analisou-se que o fogo atingiu cerca de 11.930 km² de florestas primárias, correspondendo a 5,23% da área. O incêndio só chegou ao fim com a entrada da estação da chuva na região (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

No Brasil, apenas no ano de 1983, foi realizado o primeiro levantamento de ocorrência de incêndios (SOARES; BATISTA, 1998). De acordo com Soares et.al (2006), na análise realizada sobre os incêndios entre os períodos de 1983 a 2002, foi constatado que o período de maior ocorrência de incêndios, são nos meses de junho a novembro.

Segundo Avelino (2011), em 2010 foram registrados 2.270 incêndios florestais no Brasil, conforme os dados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (SISFOGO). De acordo com esses dados, analisa-se que os estados mais atingidos pelos incêndios foram Mato Grosso, Pará e Ceará. De acordo com Tetto et al., (2011), em unidades de conservação foram registradas 304 ocorrências em 2010, entre os meses de julho a agosto, o que acabou atingindo os estados de Minas Gerais, Piauí e Ceará.

No Brasil, surgem políticas de incêndios como uma resposta ao uso indevido de fogo, para desmatamento e manejo (DURIGAN e RATTER, 2016; SCHIMIDT et al., 2018). Desta forma, deverá ser realizado atividades de prevenção, controle e combate, para que sejam planejadas práticas adequadas que evitem prejuízos financeiros e ambientais (TETTO et al., 2010).

No estado de Minas Gerais, o manejo do fogo foi aprovado como técnica contra incêndios florestais (AGÊNCIA MINAS, 2020). São realizadas as contratações de brigadistas temporários, aquisição de equipamentos, proteção individual, apoio aéreo para atividades preventivas para auxiliar no combate, para serem adotadas nos períodos mais críticos (AGÊNCIA MINAS, 2020).

Em unidades de conservação algumas medidas de políticas públicas são estabelecidas, para preservação e conservação das áreas protegidas. De acordo com a Agência Minas (2019), o Governo do Estado de Minas Gerais, tem aprimorado medidas de prevenção a incêndios florestais. Conforme o IEF (2019), cerca de R\$ 6,9 milhões, são destinados a recursos para locação de aeronaves de lançamento de água, para combate e prevenção de incêndios.

A Força-Tarefa Previncêndio foi criada pelo governo de Minas Gerais, para prevenção e combate a incêndios florestais nas UCs (AGÊNCIA MINAS, 2020). É coordenado pelo IEF, que atua em meses de maior incidência de incêndios. Quando ocorrem incêndios de maior extensão o IEF, recebe auxílio Corpo de Bombeiros Militar-CBMMG ; a Polícia Militar-PMMG ; a Polícia Civil do Estado-PCMG; e a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil-CEDEC/MG, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA (AGÊNCIA MINAS, 2020).

3.2) Incêndios Florestais em Unidades de Conservação

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (2012), os danos causados pelos incêndios são tão problemáticos, que contribuem com perdas ambientais e sociais. Deste modo, para haver a diminuição das ocorrências no ecossistema, são criadas as unidades de conservação importantes para minimizar impactos, sendo fundamental para toda a biodiversidade (MORAIS, 2004). Assim, foram instituídas de acordo com a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), sua criação é considerada uma estratégia de controle, para estabelecer dinâmicas de uso e ocupação.

Mesmo com métodos de proteção e conservação adotados, ainda é possível identificar problemas recorrentes em setores ecológicos. O Brasil possui críticas recorrentes de organizações conservacionistas, providos da carência de proteção de suas florestas contra desmatamentos e queimadas (SOARES, 2009). Conforme o IBAMA (2016), as Unidades de Conservação, sofrem com o aumento do número de ocorrências de incêndios. No estado de Minas Gerais, o número de incêndios florestais em unidades de conservação está sob responsabilidade do Instituto Estadual de Florestas (IEF). Segundo o IEF (2019), os casos de incêndios dobraram no ano de 2019, comparados aos dados registrados de 2012 a 2018.

O Brasil sofre com grandes perdas nas áreas protegidas em decorrência do descontrole do fogo. No que diz respeito às normas ambientais do país, não existe uma política consolidada que trata da prevenção e do combate a incêndios florestais, o que leva a irremediáveis perdas naturais. A eficiência de combate aos incêndios florestais é pouco confiável, devido à inexistência de estudos que forneçam informações necessárias para análises mais eficientes (TETTO et al., 2012). Desta forma, diversas estratégias têm sido adotadas pelos órgãos responsáveis com intuito de reduzir a quantidade de incêndios. Por exemplo, são feitas pesquisas para a análise e a contratação de brigadistas no período de maiores demandas, aumentando o poder de combate aos focos e/ou incêndios já estabelecidos (BONTEMPO, 2011).

3.3) Parque Estadual do Pau Furado e combate de incêndios florestais

As unidades de conservação utilizam como estratégias de prevenção, o Manejo Integrado do Fogo (MIF). Através dessas estratégias são selecionados os métodos de ecologia do fogo, que aborda como o fogo pode reagir com o ambiente, pesquisa e o monitoramento do mesmo, são selecionados aspectos econômicos e a exclusão do fogo, que lida com o combate

propriamente dito (ICMBio, 2017). Outras metodologias são utilizadas como a queima prescrita, aceiro e educação ambiental.

No ICMBio, a queima prescrita é realizada em épocas específicas, seguindo as práticas de planejamento do Manejo Integrado do Fogo (MIF). Esta estratégia é utilizada no início do período da seca e é mais próxima da queima natural. O aceiro é uma faixa de vegetação que é sacrificada, provocando a descontinuidade de material vegetal combustível e, assim, evitando que o fogo de queimadas e incêndios se propague para outras áreas da UC. Esses planejamentos são realizados com base na época específica de reprodução da fauna e da flora. Assim, a atuação da educação ambiental é fundamental para haver a conscientização da população ao redor das áreas protegidas (ICMBio, 2017).

Atualmente em Minas Gerais, utilizam os métodos de técnicas de aceiro negro, de fogo de supressão ou equivalentes, com intuito de reduzir a ocorrência ou a severidade dos incêndios florestais, bem como de combatê-los, quando em propagação. Para o IEF (2020), o Decreto Estadual 47.919/2020 regulamenta o manejo do fogo interior e entorno das unidades de conservação. Com este decreto, o manejo do fogo será utilizado com a finalidade de prevenção e combate aos incêndios florestais, desde que respeite a relação de evolução do fogo com o bioma, em que será empregado para atender medidas do manejo de combustíveis.

O IEF utiliza ações de prevenção aos incêndios, realizando o treinamento de brigadistas voluntários e contratados. Além do monitoramento permanente por satélite dos focos de calor, melhorando a vigilância no período mais crítico de incêndios florestais, que vai de junho a novembro de cada ano (IEF, 2020).

A medida preventiva que está sendo tomada atualmente para evitar os incêndios, é o fechamento do parque para visitação do público. Conforme o portal de notícias G1, “Parque Estadual do Pau Furado em Uberlândia é fechado para visitas devido ao incêndio”, que teve início em 17 de setembro de 2019 e durou uma semana (Figura 2). Ainda segundo a notícia, o Corpo de Bombeiros e representante do Instituto Estadual de Florestas (IEF) foram chamados para o combate das chamas, sendo necessárias seis viaturas, uma caminhonete do IEF, 22 militares e três brigadistas para conter as chamas. Com isso, a Polícia Militar constatou que a área atingida foi de aproximadamente 40 hectares, sendo que em 2017 ocorreu um maior incêndio, que atingiu uma área de 82 hectares (Figura 1).



Figura 1. Incêndio Parque Estadual do Pau Furado, 2017.
Fonte: G1/ Triângulo e Alto Paranaíba, 2017.



Figura 2. Incêndio Parque Estadual do Pau Furado.
Fonte: Corpo de Bombeiros Militares de Uberlândia, 2019.

3.4) Aplicações de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas voltadas à detecção e observação de incêndios florestais

O sensoriamento remoto é o registro de informações de uma região, que pode ser utilizado com o uso de instrumentos e sensores. Podendo ser feita por plataformas como, por exemplo, no uso de satélites para análises visuais das imagens adquiridas ou processamento digital (JENSEN, 2011). De acordo com Rocha (2000), os sistemas de informações geográficas

(SIG), possuem a capacidade para armazenamento, tratamento, integração, modelagem de dados georreferenciados. Desta forma, são amplamente utilizados no setor florestal, para o mapeamento e monitoramento de áreas propícias às queimadas (SANTOS et al., 2006).

Conforme Jensen (2011), a interpretação visual das imagens orbitais de sensoriamento remoto, é necessária a utilização de fotointerpretação para o reconhecimento do alvo, para ocasionar a identificação, como tonalidade, cor, textura e o próprio padrão da imagem. O conhecimento e a experiência a respeito das imagens, são fundamentais para boa qualidade nas imagens. Por isso, para uma melhor visibilidade do alvo selecionado, é necessário adquirir imagens que possuam menores índices de nuvens (REX et al., 2018).

No Brasil, o monitoramento de incêndios é realizado através de imagens de satélites, sendo eficiente e de baixo custo, quando comparado aos métodos convencionais, como na utilização de torres de observação e de vigilância (BATISTA, 2004). Para o estado de Minas Gerais, o monitoramento é realizado com o apoio do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), para desenvolver trabalhos de monitoramento, de modo que são disponibilizados bancos de dados que contenham informações sobre focos de calor, que podem ser consultados (SOUZA et al., 2004). O monitoramento do INPE abrange dentro e ao redor da unidade de conservação. Assim, o acesso aos dados compostos por informações é com base nos combates dos IEF aos incêndios florestais ocorridos. Desta forma, as bases de dados cartográficos dos focos de calor podem ser transferidas e utilizadas para a verificação dos riscos de incêndios das áreas de interesse (PEREIRA et al., 2007).

3.5) Uso e ocupação do solo e a influência nos incêndios florestais

O uso intensivo de terras, por meio do desenvolvimento de atividades antrópicas tem influenciado principalmente nos recursos ambientais, ocasionando assim a degradação de ecossistemas (TRINDADE; RODRIGUES, 2016). A exposição do solo, períodos intensos de estiagens e o uso inadequado da madeira que levam à exploração, são os principais atuantes na influência do aumento de focos de incêndios. Destaca-se, que grande parte das consequências desses incêndios se dão principalmente pela perda da biodiversidade e também por alterar anualmente as paisagens locais. Essas alterações, podem desenvolver processos erosivos e a poluição de mananciais (SCHLESINGER, 2010).

O uso e ocupação do solo consegue influenciar nas ocorrências dos incêndios florestais, principalmente devido ao material combustível presente na área e nas alterações ocasionadas pela ação antrópica. Vale ressaltar, que em uma mesma localização existem áreas

com baixas intensidades de ocorrências de incêndios, como corpos d'água, vias de acesso que por muitas vezes atuam como práticas para reduzir os incêndios (WHITE, 2013). Enquanto, áreas com grande população, intensa agricultura e pecuária com pastagens, possuem alto risco na propagação dos incêndios. Isso ocorre, devido ao uso e manejo inadequado do fogo para a limpeza de terrenos das áreas.

Com o uso de geotecnologias, obtêm-se o rápido acesso e visualização da distribuição espacial das imagens, de modo que facilite a tomada de decisão, principalmente quando se deseja identificar a suscetibilidade e a dinâmica do fogo nas áreas de uso e ocupação do solo. Com essas práticas, haverá o auxílio no planejamento e na prevenção aos incêndios na área analisada (SOUSA; JORDÃO, 2015).

4 MÉTODO

4.1) Seleção de áreas de observação

A área de estudo é o Parque Estadual do Pau Furado, que se localiza entre os municípios de Araguari e Uberlândia, na região do Triângulo Mineiro (Figura 3). Esta Unidade de Conservação possui área de 2.186,849 hectares e foi criada pelo Decreto Estadual s/nº de 27 de janeiro de 2007, com o intuito de realizar a proteção e conservação dos ecossistemas da região. O clima do parque é caracterizado, segundo a escala de Köppen-Geiger como Aw, possui temperaturas entre 20° C e 23° C e estações bem definidas, com inverno seco e verão chuvoso (IEF, 2011).

De acordo com o Plano de Manejo, o PEPF é dividido entre a delimitação da zona de amortecimento e área circundante. A zona de amortecimento, atua como uma área de filtragem de impactos (LEAL, 2014; FIGUEIRÓ, 2015). A área circundante, é o que separa a Unidade de Conservação da sua área de entorno (LEAL, 2014; FIGUEIRÓ). Esta região, foi selecionada como a área de estudo em função de estar situada no bioma Cerrado e nas proximidades da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), o que condiciona a tendência de ocorrência de incêndios (MENDES, 2001) e amplia a possibilidade de contribuição da UFU com o desenvolvimento regional. Para as análises, foram selecionadas a zona de amortecimento e a área limite do PEPF.

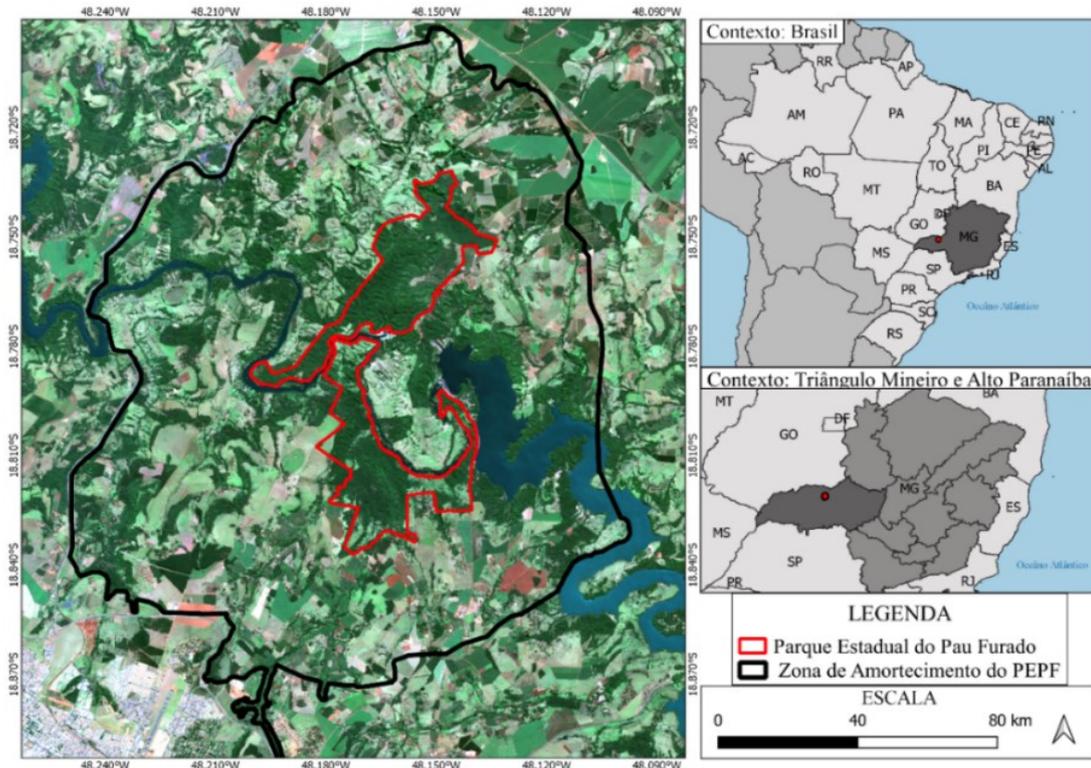


Figura 3. Mapa de Localização, Parque Estadual do Pau Furado.

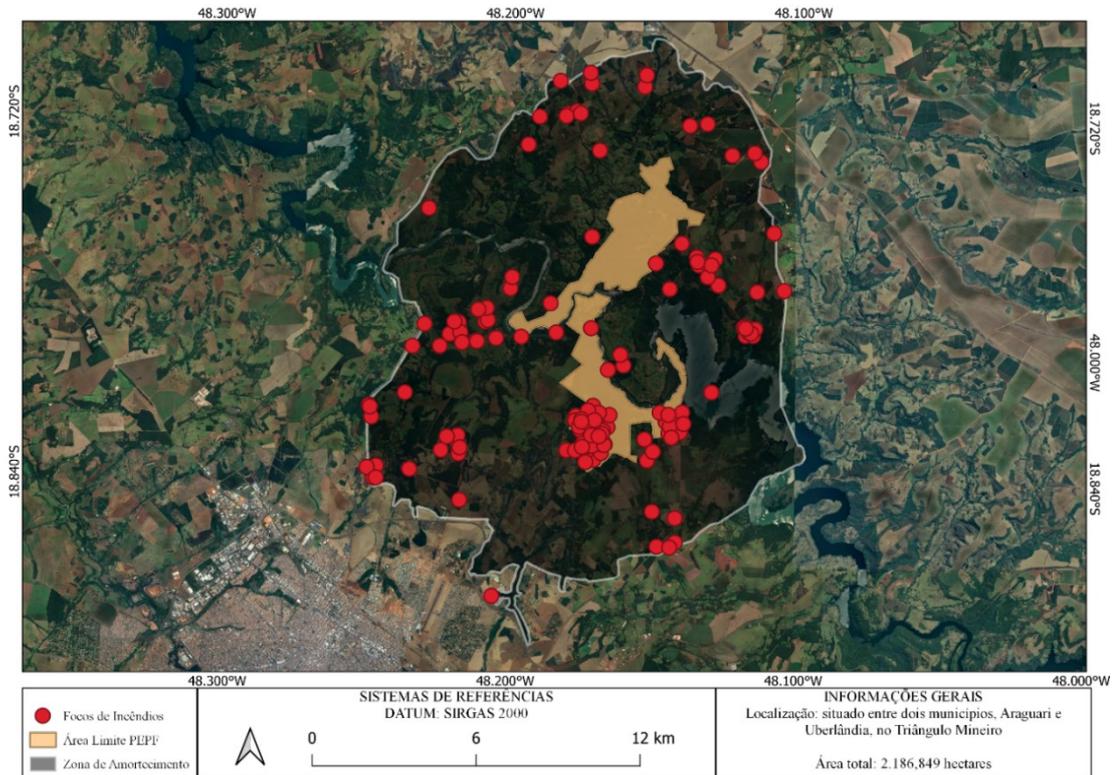
Fonte: A autora, 2022.

4.2) Dados e Procedimentos

Com os dados coletados pelo INPE BDQueimadas, ferramenta de livre acesso, foram adquiridos os pontos que mostram a posição dos focos de incêndios que ocorreram na zona de amortecimento e dentro do Parque Estadual do Pau Furado. Os dados foram retirados em formato shapefile e adicionados ao software Qgis.

Para a área de estudo, ao selecionar a zona de amortecimento foi utilizado a ferramenta “Buffer”, que possui a função de criar uma zona de largura específica ao redor das feições mapeadas (LILLESAND et al., 2015). A finalidade deste procedimento foi delimitar a zona de influência a partir do raio definido. Com os focos de incêndios coletados, foram criados buffers com distância de 250 m aos arredores de cada ocorrência. Esses valores extraídos com essa ferramenta correspondem a cada classificação analisada. Dentro dessas áreas, considerando-se o uso de imagens multiespectrais do satélite Sentinel, foi realizado a classificação supervisionada dentro de cada área recortada em função dos buffers. Analisou-se o uso e cobertura da terra para identificar as atividades mais recorrentes no entorno das ocorrências. Desta forma, foram mapeadas as seguintes classes: água; solo exposto; vegetação; agricultura e área urbana. Optou-se por imagens mais recentes e sem presença de nuvens. Com a classificação supervisionada realizada, as áreas de buffers foram recortadas e posteriormente

valores foram extraídos com a ferramenta “r.report”, também localizada no Qgis. Na Figura 4, observam-se os focos de incêndios ocorridos na área de estudo.



Especificamente sobre a aquisição e o processamento das imagens, adquiriram-se as imagens entre os municípios de Uberlândia e Araguari, através do sensor *Multispectral Instrument* (MSI), instalado no satélite Sentinel-2. Para ter acesso a essas imagens, usou-se o site (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). O satélite Sentinel-2 é gerido pela Agência Espacial Europeia (ESA). Na Tabela 1 encontram-se as características das bandas espectrais para o Sentinel-2.

Tabela 1. Bandas Espectrais para o Sentinel-2 (S2A & S2B).

S2A		S2B			
Número da Banda	Comprimento de Onda Central (nm)	Largura de Banda (nm)	Comprimento de Onda Central (nm)	Largura de Banda (nm)	Resolução Espacial (m)
B1	442.7	21	442.2	21	60
B2	492.4	66	492.1	66	10
B3	559.8	36	559.0	36	10
B4	664.6	31	664.9	31	10
B5	704.1	15	703.8	16	20
B6	740.5	15	739.1	15	20
B7	782.8	20	779.7	20	20

B8	832.8	106	832.9	106	10
B8A	864.7	21	864.0	22	20
B9	945.1	20	943.2	21	60
B10	1373.5	31	1376.9	30	60
B11	1613.7	91	1610.4	94	20
B12	2202.4	175	2185.7	185	20

Fonte: European Space Agency (ESA).

As imagens foram adquiridas, através do plugin Semi-Automatic Classification (SCP), via o software Qgis. O estudo foi realizado no mês de junho, para os anos de 2017 a 2020. Esse período foi estabelecido de acordo com os anos de maiores ocorrências de incêndios no PEPF.

Ao realizar o processamento, os seguintes itens foram atendidos: (1) na seleção das imagens, foram priorizadas as que tenham menor presença de nuvens, sendo que a porcentagem máxima permitida se encontram em torno de 30% dependendo da área de estudo; (2) correção atmosférica entre as imagens; (3) recorte das imagens, para visualização da área de estudo e (4) para a avaliação do diagnóstico da influência da atividade antrópica nas ocorrências de incêndios, realizou-se a classificação supervisionada, estatística zonal e foram analisados os valores encontrados.

Especificamente, com a seleção das imagens, foram visualizadas e escolhidas as que possuem menor índice de nuvens, para ter uma melhor visibilidade da área de estudo. Logo após, foi realizado o procedimento de correção atmosférica (Figura 5), corrigindo-se distorções. A utilização desse tratamento é necessária, pois facilita na verificação do verdadeiro comportamento espectral do alvo, sem interferência causada pela atmosfera.

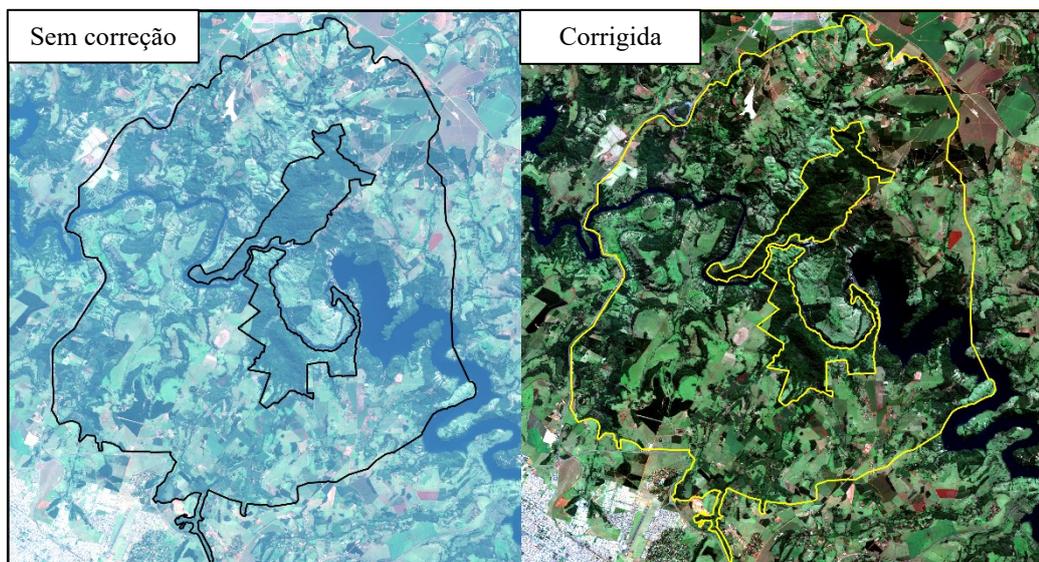


Figura 5. Imagens com correções e sem correções atmosféricas.

Fonte: A autora, 2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 6, foi representada a classificação supervisionada, definindo as classes de uso e ocupação do solo para os anos de 2017 a 2020.

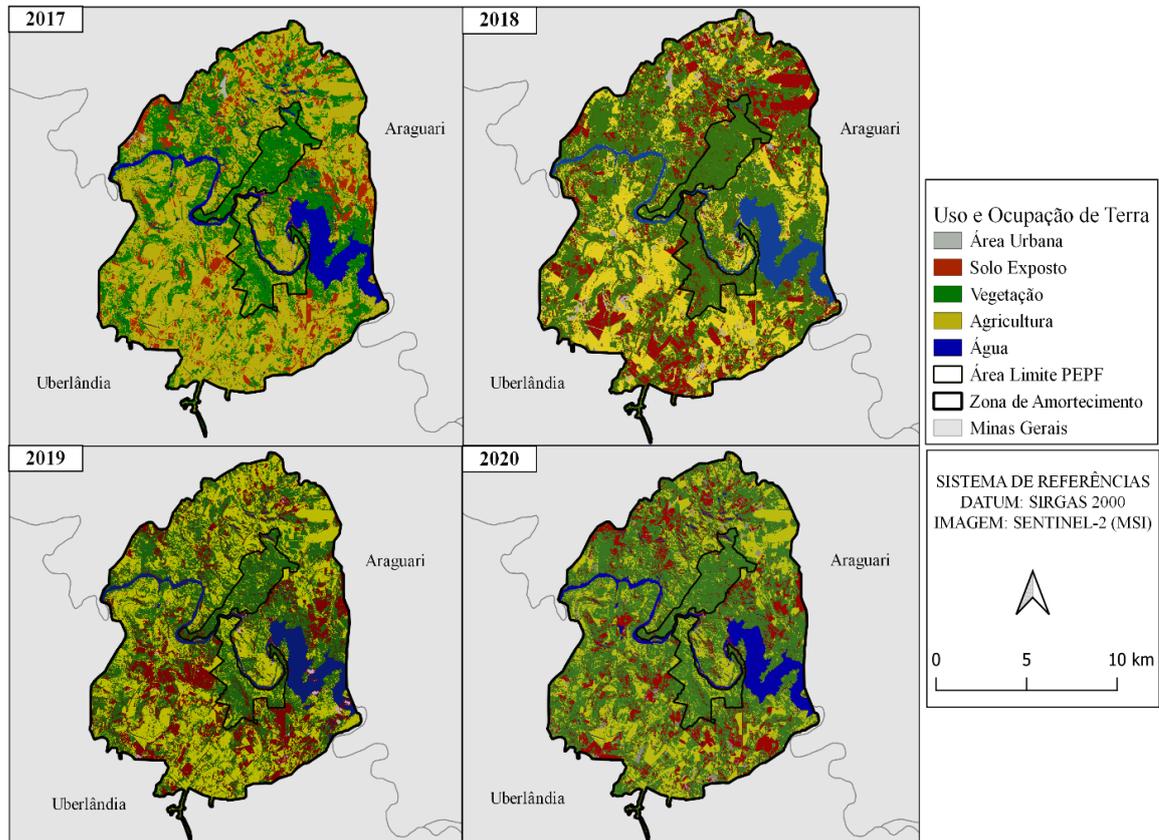


Figura 6. Uso e ocupação do solo.
Fonte: A autora, 2022.

Tabela 2. Classificação de uso e ocupação do solo nos anos de 2017 a 2020.

Ano	Classes de Uso e Ocupação de solo									
	Água		Solo Exposto		Vegetação		Agricultura		Área Urbana	
	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
2017	14,45	6,36	41,59	18,30	62,21	27,38	95,60	42,07	13,69	6,02
2018	14,68	6,46	34,29	15,09	114,35	50,33	60,06	26,43	4,15	1,83
2019	13,91	6,12	40,16	17,68	91,24	40,15	80,88	35,60	1,35	0,59
2020	14,31	6,30	31,23	13,74	124,03	54,58	54,19	23,85	3,79	1,67
Área Total (km²)	227,23									

Fonte: A autora, 2022.

A área total da zona de amortecimento do Parque Estadual do Pau Furado, é de aproximadamente 227,23 km² (Tabela 2). Com a classificação supervisionada, os resultados obtidos podem ser questionados, pois algumas classes possuem o comportamento espectral semelhante, como é o caso da vegetação natural e a agricultura.

Analisando-se a Tabela 2, para os anos de 2017 a 2020, na classe referente a água não houve considerável variação principalmente por ser período de estiagem. Dessa forma, entende-se que a presente análise não precisa contemplar essa classe de uso de solo, incluindo-se a perspectiva de ocorrência de incêndios que, de certa forma, não ocorre em locais ocupados pela drenagem.

Ainda na Tabela 2, é importante ressaltar que, no ano de 2017 a agricultura ocupou cerca de 42,07% da área total e a classe “vegetação” ocupou cerca de 27,38%. Esses valores servem como base às comparações efetuadas na sequência, relativas ao crescimento ou decréscimo dessas classes de uso do solo e suas relações com a ocorrência de incêndios.

Para o ano de 2018, constatou-se que cerca de 50,33% da área analisada é correspondente a vegetação, ou seja, houve um aumento quando se compara com o ano de 2017, impactando, também, nos valores menores para a ocupação da agricultura e do solo exposto. É interessante ressaltar que, quando se refere a agricultura no ano 2018, foi identificado que não houve a presença da mesma cultura plantada do que no ano de 2017, pois se trata de uma região de produção agrícola que utiliza a aplicação de rotação de cultura. Os resultados obtidos, encontram-se em decréscimo pois cada cultura plantada/produzida na região possui época e período diferente de permanência. No estado de Minas Gerais, há um alto desempenho no cultivo de culturas de milho, feijão, soja, mas a cultura que mais se destaca é o cultivo do café. Nesta região há, também, forte presença de pastagem.

No ano de 2019, houve o aumento de solo exposto e da agricultura, enquanto para a vegetação quando comparado com o ano anterior foi identificado a diminuição dessa porcentagem. Por possuírem taxas elevadas, constatam-se que o aumento da agricultura e do solo exposto, ocasionam as influências nas ocorrências de incêndios devido ao uso inadequado do manejo do fogo nos arredores e dentro da zona de amortecimento. Em comparação entre os anos de 2017 e 2019, nota-se o aumento do solo exposto, as áreas encontradas são correspondentes a retirada de cobertura de vegetação que são decorrentes de processos de erosão e de áreas não cultivadas/rotação de cultura. Quando há o aumento de solo exposto e de agricultura nesta área, compreende-se que a principal causa é a intervenção antrópica como uso inadequado da água, especialmente porque a agricultura acaba adentrando em áreas que deveriam ser de proteção.

No ano de 2020, houve o aumento da classe de vegetação e diminuição de solo exposto e de agricultura. Sendo que a vegetação, corresponde a 54,58% da área estudada, que é um fator determinante que demonstra que em relação a agricultura a cultura que estava sendo plantada na área, não está sendo utilizada neste ano. Outros fatores que podem ser abordados, é que o

aumento da vegetação também pode ser influenciado por condições climáticas como a temperatura e a umidade relativa, que tendem a ser condicionantes de focos de incêndios na área.

Interessante é que a agricultura feita no entorno do Parque Estadual do Pau Furado, é desenvolvida tanto por pequenos quanto por grandes produtores, o que gera diferentes tipos de estresse ao meio ambiente. Ressalta-se que tanto pequenos quanto grandes produtores, praticam atividades que geram e podem ocasionar substituições e degradação de áreas naturais, principalmente por serem de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal. A região, é ligada diretamente a diminuição e na qualidade de recursos naturais que provocam a queda na fertilidade do solo e a intensificação dos processos erosivos, além de diversos problemas que influenciam na fauna e na flora local. Essa degradação impulsiona a ocorrência de incêndios.

Na Figura 7, foi representado o recorte dos buffers alocados no entorno das ocorrências de incêndios. Nos mapas da Figura 7, tem-se os resultados das classificações supervisionadas para o mapeamento do uso da terra.

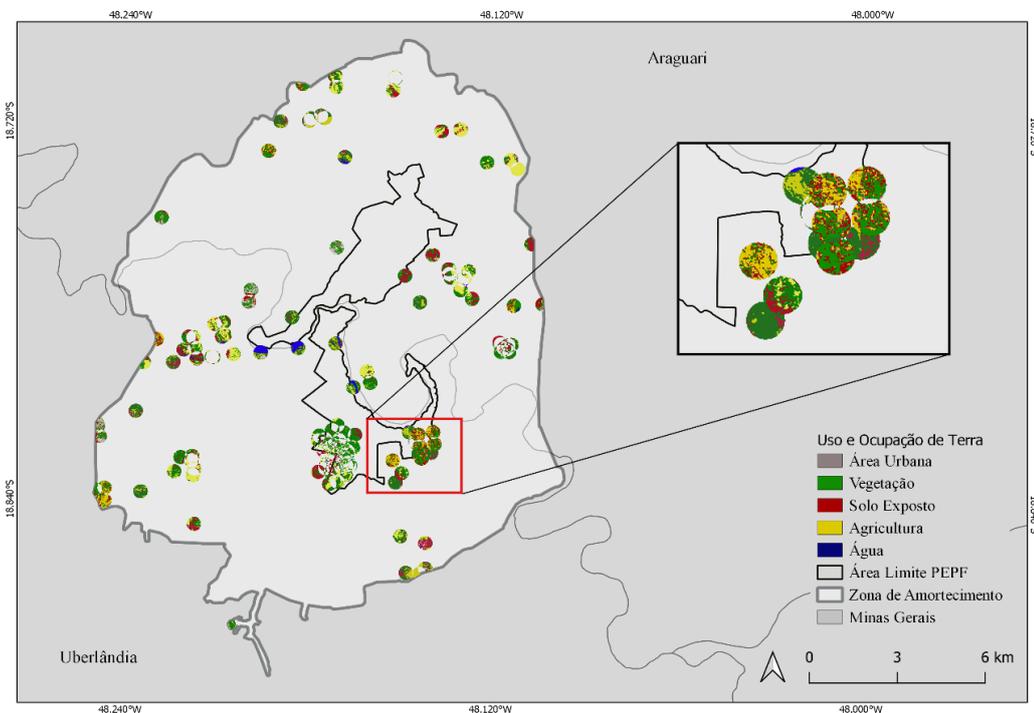


Figura 7. Buffers e o Uso e ocupação do Solo.
Fonte: A autora, 2022.

No gráfico da Figura 8, tem-se a quantificação dos focos de incêndios ocorridos na zona de amortecimento e na área limite do Parque Estadual do Pau Furado, em cada um dos anos analisados.

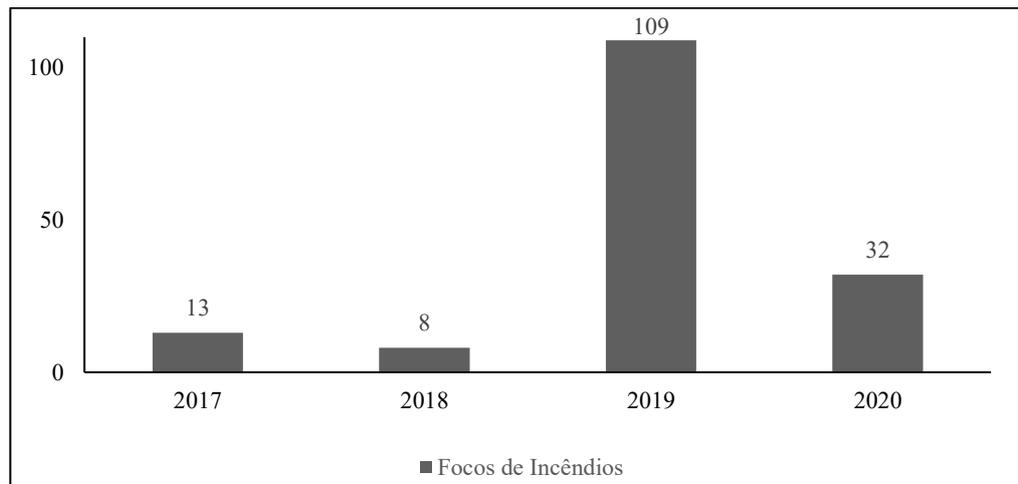


Figura 8. Focos de incêndios.

Fonte: A autora, 2022.

Na tabela 3, representou-se o uso e ocupação de solo, de acordo com os 13 focos de incêndios ocorridos no ano de 2017.

Tabela 3. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2017

Ano	Classes de Uso e Ocupação de solo									
	Água		Solo Exposto		Vegetação		Agricultura		Área Urbana	
2017	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
		0,01	0,59	0,48	22,91	0,82	39,60	0,63	30,34	0,14

Fonte: A autora, 2022.

Na Figura 9, para o ano de 2017 foram encontrados 13 de focos de incêndios em toda a zona de amortecimento. Nota-se que os incêndios ocorreram mais em áreas de vegetação com 39,60% e de agricultura com 30,34%. Na Figura 9-A, há a presença de coloração verde representada pela vegetação e pela coloração amarela que é representada pela agricultura, principalmente situada na área limite do PEPF.

Com base na Figura 9, os incêndios não possuem distribuição uniforme, ou seja, existem locais que as ocorrências são mais frequentes, principalmente quando estão situados próximos a vilas, acampamentos, margens de rodovias, margens de estradas, áreas agrícolas e rios, conforme se espera. Geralmente, os incêndios se iniciaram nesses locais – em especial locais com agricultura ativa - e se alastraram por até a região ocupada por vegetação nativa.

Na Figura 9-B, foi demonstrado que os focos de incêndios que ocorreram na zona de amortecimento são oriundos de resquícios de fragmentos da cidade, ou também podem ter ocorrido devido à proximidade com as estradas. Notou-se que, para a área estudada, as estradas, ou qualquer via de acesso de pessoas, influenciam na propagação dos incêndios, principalmente

se houver áreas de agricultura mais próximas. Tanto que na Figura 9-B, o buffer apresenta áreas de agricultura e de solo exposto.

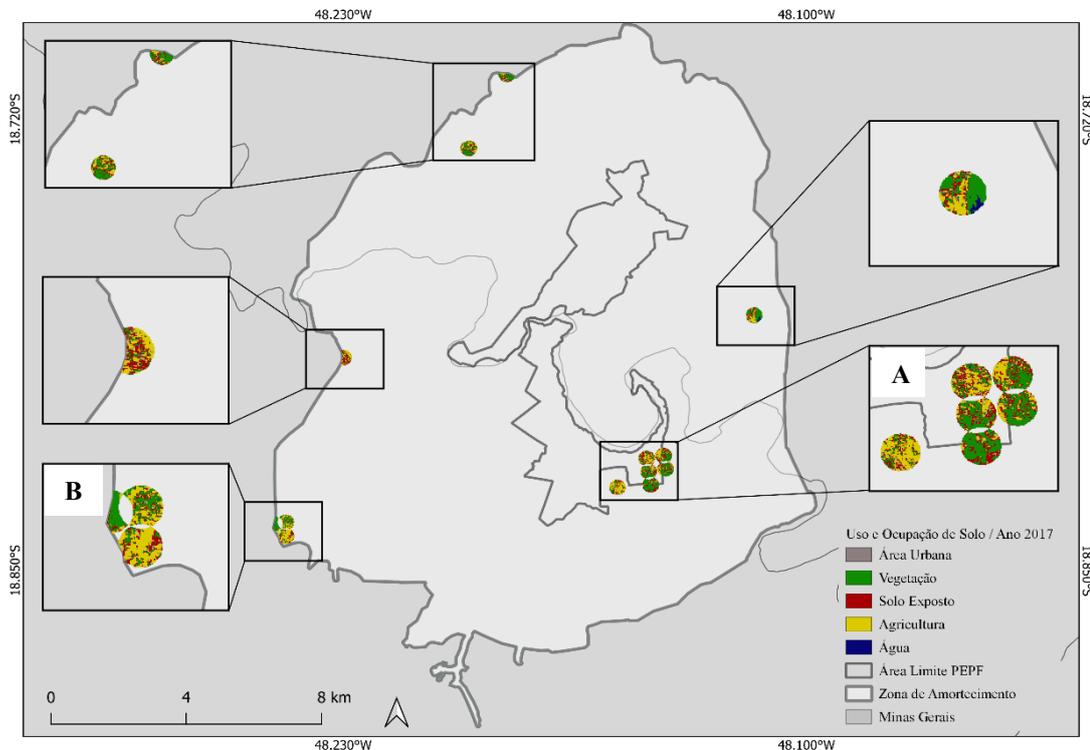


Figura 9. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2017.
Fonte: A autora, 2022.

Na tabela 4, representou-se o uso e ocupação de solo, de acordo com os 8 focos de incêndios ocorridos no ano de 2018.

Tabela 4. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2018

Ano	Classes de Uso e Ocupação de solo									
	Água		Solo Exposto		Vegetação		Agricultura		Área Urbana	
2018	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
		0,00	0,25	0,19	17,14	0,52	47,45	0,00	0,33	0,38

Fonte: A autora, 2022.

No ano de 2018, ocorreram 8 focos de incêndios (Figura 10), sendo que a maioria dos focos ocorreu em áreas de vegetação e próximo a áreas urbanas. O aumento da atividade humana no entorno do PEPF pode ter influenciado na ocorrência de focos de incêndios, pois verifica-se que ocorreu um aumento de 41,4% em relação ao ano de 2017. Outro detalhe importante é que, em relação à agricultura e ao solo exposto houve diminuição de 30,01% e 5,51%, respectivamente, o que identifica que as atividades humanas estão cada vez mais presentes na área.

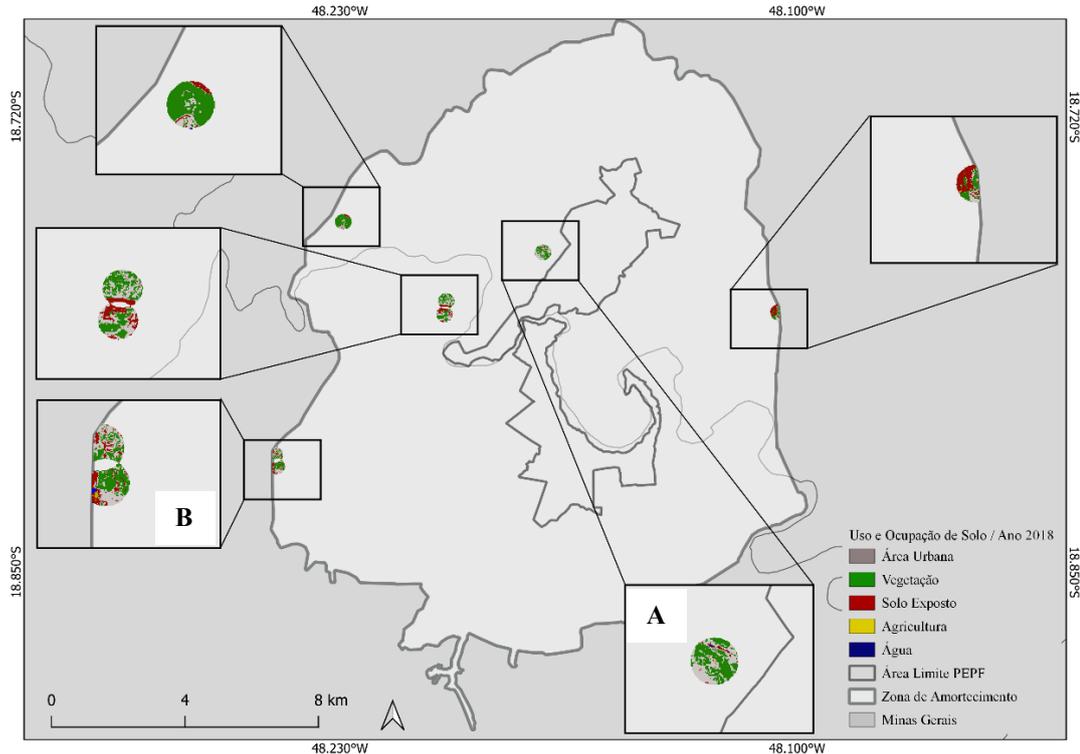


Figura 10. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2018.

Fonte: A autora, 2022.

Na tabela 5, representou-se o uso e ocupação de solo, de acordo com os 109 focos de incêndios ocorridos no ano de 2019.

Tabela 5. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2019

Ano	Classes de Uso e Ocupação de solo									
	Água		Solo Exposto		Vegetação		Agricultura		Área Urbana	
2019	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
		0,08	0,95	1,65	20,03	3,73	45,39	2,73	33,25	0,03

Fonte: A autora, 2022.

No ano de 2019, foram encontradas 109 ocorrências de incêndios entre a zona de amortecimento e a área limite no PEPF. Nos dados analisados, a maioria dos focos de incêndios foram encontrados em áreas que correspondem a vegetação. Ao analisar os buffers na Figura 11, notam-se que a maioria das ocorrências estão situadas em áreas próximas da área limite do PEPF.

Na Figura 11-A, foi visto que as ocorrências foram classificadas em áreas com predomínio de agricultura e de solo exposto, com pequenos fragmentos de vegetação. Enquanto, a Figura 11-B é factível observar o aglomerado de focos de incêndios, identificados principalmente em áreas de vegetação (cor verde), áreas de agricultura (em amarelo) e de solo exposto (em vermelho). E em ambas Figuras 11-C e 11-D, encontram-se a presença de

incêndios em áreas com predomínio de vegetação, solo exposto e pequenas áreas compostas por agricultura. Alguns buffers estão sobrepostos, devido às ocorrências estarem situadas em locais próximos.

Os incêndios, ocorridos nesse ano foram ocasionados principalmente pelo aumento desenfreado da agricultura e do solo exposto na região e por condições climáticas favoráveis à propagação. Períodos de estiagem, facilitam a propagação de incêndios, visto que com o material combustível mais seco e a velocidade do vento ocasionam a disseminação de focos por toda a área de estudo.

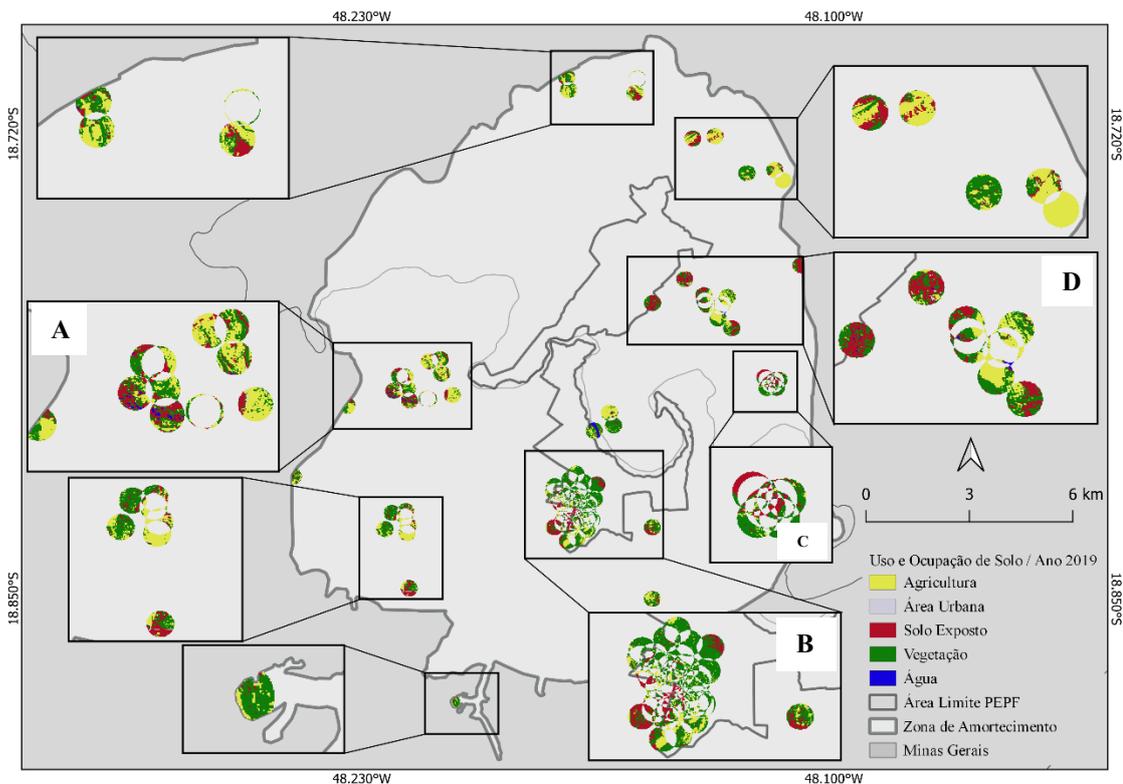


Figura 11. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2019.

Fonte: A autora, 2022.

Na tabela 6, representou-se o uso e ocupação de solo, de acordo com 32 focos de incêndios ocorridos no ano de 2020.

Tabela 6. Classificação supervisionada dos buffers, para o ano de 2020

Ano	Classes de Uso e Ocupação de solo									
	Água		Solo Exposto		Vegetação		Agricultura		Área Urbana	
	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
2020	0,28	7,45	0,59	15,59	2,04	53,66	0,79	20,76	0,10	2,54

Fonte: A autora, 2022.

Em 2020, foram encontrados 32 focos de incêndios e essas as ocorrências ficaram mais evidentes em áreas relacionadas a vegetação, com cerca de 53%. Destaca-se, que houve

diminuição nas áreas de agricultura e de solo exposto. Na Figura 12-A, constataram-se focos de incêndios próximos ao rio, na vegetação nativa e também em áreas que correspondem a agricultura e ao solo exposto, ambas estão localizadas perto da área limite do PEPF. A presença de focos de incêndios também foi detectada próxima à área limite da zona de amortecimento, o que demonstra que essas ocorrências podem ser originadas de fazendas e estradas na região da área de estudo. Por isso, que na Figura 12-B foi visualizado os buffers correspondentes aos incêndios ocorridos na zona de amortecimento que possui influência direta da área urbana da cidade de Uberlândia.

No ano de 2020, como já foi mencionado o Parque Estadual do Pau Furado foi fechado para visitação devido à pandemia. Então, quando se analisa os focos de incêndios que estão dentro da área limite do parque (Figura 12-C), subentende-se que essas ocorrências não são originadas de visitantes do parque. Ressalta-se, que essa mesma área selecionada já foi alvo de ocorrências de incêndios no ano de 2017. Segundo algumas informações, obtidas diretamente do pessoal especializado que trabalha na área de estudo, essa região é correspondente a um grupo de famílias, que foram realocadas de suas casas e acabaram se instalando próximas ao rio e a área limite do PEPF. Assim, os buffers referentes às ocorrências de incêndios possuem classificações de áreas com vegetação, agricultura e solo exposto, o que representa a presença de possíveis práticas agrícolas na área.

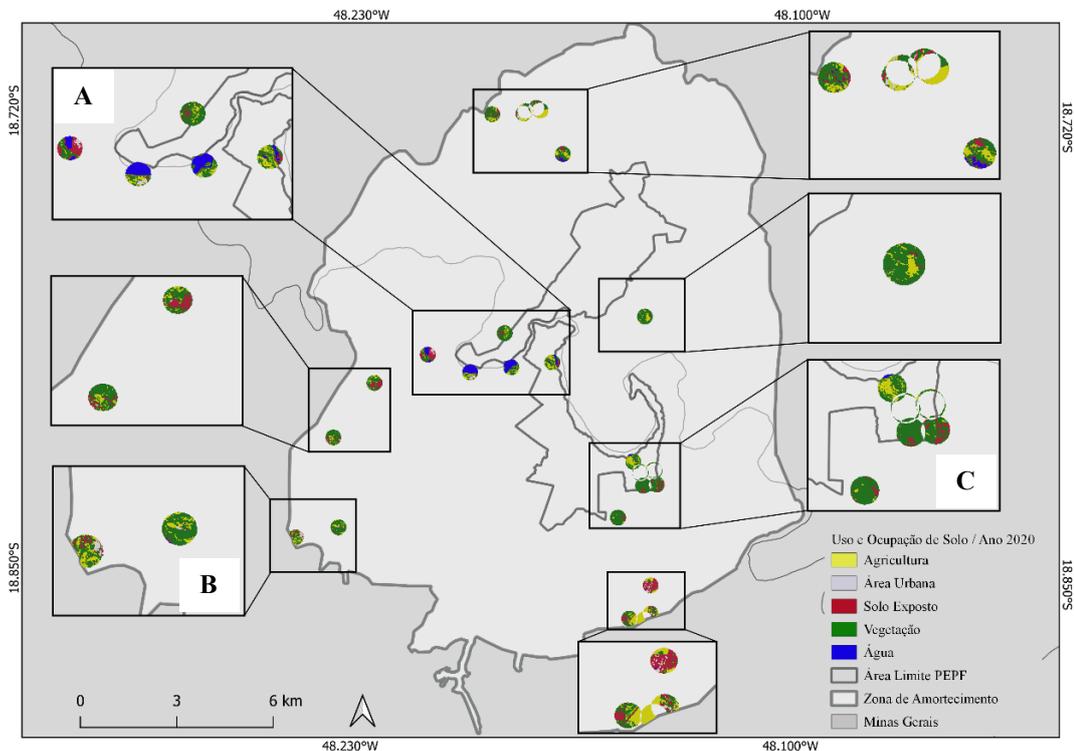


Figura 12. Buffers e o Uso e ocupação do Solo, para o ano de 2020.

Fonte: A autora, 2022.

6 CONCLUSÕES

Ao realizar a quantificação dos incêndios no PEPF, não se identificou uma tendência de aumento com agente causal perceptível. No ano de 2019 ocorreu a maior incidência de incêndios na área de estudo, com 109 ocorrências. Conclui-se, que com as análises dos buffers a maioria dos focos de incêndios foram encontradas em áreas de vegetação e agricultura, principalmente no ano de 2019, esse último resultado, combinado com a avaliação visual da situação da região, indica que a ignição se dá em áreas de agricultura próximas às regiões urbanizadas ou a estradas. O fogo, então, se espalha para a vegetação nativa e a vegetação preservada no parque. Essa condição é facilitada pelo manejo e uso inadequado do fogo, i.e., o despreparo dos agricultores na contenção dos focos.

Outra conclusão importante é que, apesar do estabelecimento da zona de amortecimento visar amenizar os impactos negativos decorrentes da urbanização e antropização, é notável que este elemento não tem cumprido sua função. Essa situação ocorre, por ser uma região de intensa atividade agrícola que por práticas inadequadas acabam prejudicando e influenciando nas ocorrências de incêndios no PEPF.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA MINAS. **Minas Gerais refina trabalho de combate a incêndios florestais.**

<http://agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-refina-trabalho-de-combate-a-incendios-florestais>. Acesso: 4 de agosto 2020.

AGÊNCIA MINAS. **Manejo do fogo é aprovado como técnica contra incêndios florestais em Minas.** <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/manejo-do-fogo-e-aprovado-como-tecnica-contraincendios-florestais-em-minas>. Acesso: 4 de agosto de 2020.

AVELINO, A. S. **Brigadas do Prevfogo: avaliação dos incêndios florestais de 2010.** In: SIMPÓSIO SULAMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011, Campinas. **Anais...** Curitiba, 2011. CD-ROM.

BATISTA, A. C. **Deteção de incêndios florestais por satélite.** *Floresta* 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237- 241, Curitiba, Pr

BBC NEWS BRASIL. **Número de incêndios florestais no mundo em 2019 é um recorde?** BBC News Brasil, 9 de setembro de 2019. <https://www.bbc.com/portuguese>. Acesso em: 29 julho 2020.

BONTEMPO, G. S. **Impactos e realidade dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras.** 142f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: março 2020.

CASTELLANI, T.T. & STUBBLEBINE, W. H. 1993. Sucessão secundária inicial em uma mata tropical mesófila, após perturbação pôr fogo. **Revista Brasileira de Botânica** 16: 181-203.

CHANG, Y.; ZHU, Z.; BU, R.; LI, Y.; HU, Y. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987-2007) in China. **Forest Ecology and Management**; v. 2015, n. 356, p.13-21, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.012>

COCHRANE, M.A. 2003. Fire science for rainforests. **Nature** 42: 913-919.

DUNN, C. J., THOMPSON, M. P., & CALKIN, D. E. (2017). A framework for developing safe and effective large-fire response in a new fire management paradigm. **In Forest Ecology and Management** (Vol. 404, pp. 184–196). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.039>

DURIGAN, G., & RATTER, J. A. (2016). **The need for a consistente fire policy for Cerra do conservation.** **Journal of Applied Ecology.** <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

European Space Agency. <https://www.esa.int/>. Acesso: 19 de junho de 2020.

E L. DANTAS, V., BATALHA, M. A., & PAUSAS, J. G. (2013). Fire drives functional thresholds on the savanna-forest transition. **Ecology.** <https://doi.org/10.1890/12-1629.1>

FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FLAUZINO, S.F.; SILVA, A.K.M.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. **Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado mineiro.** Sociedade & Natureza, vol.22, nº1, abril de 2010, p 75-91.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000100006>

FRANÇA, H.; RAMOS, M. B. & SETZER, A. 2007. **O Fogo no Parque Nacional da Emas.** Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília, 140p.

FREIRE, S.; CARRÃO, H. e CAETANO, M.R. **Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares.** Lisboa: Instituto Geográfico Português (IGP). Lisboa, Portugal. 2004.

GOMES, J F. Forest fires in Portugal: how they happen and why they happen. **International Journal Environmental Studies Vols. 63, N.º 2, 2006. 109-119pp.**

HAAS, J.R., CALKIN, D.E., THOMPSON, M.P., 2013. **A national approach for integratin g wildfire simulation modeling into Wildland Urban Interface risk assessments within the United States.** **Landscape Urban Plan.** 119, 44–53.

HESSBURG, P.F., SALTER, R.B., JAMES, K.M., 2007. **Re-examining fire severity relations in premanagement era mixed conifer forests:** inferences from landscape patterns of forest structure. *Landscape Ecol.* 22, 5–24

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2010a). **Apostila para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.** Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Coordenação Geral de Proteção Ambiental. Brasília, 87 p.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. - **Instituto adota várias técnicas de prevenção ao fogo.** <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9057-as-varias-tecnicas-de-prevencao-e-combate-ao-fogo>. Acesso: 13 de julho de 2020.

IEF - Instituto Estadual De Florestas De Minas Gerais. 2011. **Plano de manejo do Parque Estadual Do Pau Furado.** Uberlândia, 228 p. Disponível em: <<http://paufurado.blogspot.com.br/p/biblioteca.html>> Acesso em: 30 março. 2020.

IEF- Instituto Estadual de Florestas-**Manejo do fogo é aprovado como técnica contra incêndios florestais em Minas.** <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/3021-2020-04-18-14-35-23>. Acesso em 13 de julho de 2020.

Incêndio no Parque Estadual do Pau Furado em Uberlândia é controlado depois de quase uma semana. **Triângulo e Alto Paranaíba.** Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2019/09/23/incendio-no-parque-estadual-do-pau-furado-em-uberlandia-e-controlado-depois-de-quase-uma-semana.ghtml> . Acesso em: 25 de Abril de 2020.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 8421-1:** Fire protection Vocabulary Part 1: General terms and phenomena of fire. Genève, 1987, 6 p. citado por SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de Fogo e Incêndio. IN: SEITO, Alexandre Itiu et al. A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008. cap. IV, p. 35-54.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.** Brasília: ICMBio, 2010.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP 2.: Parêntese, 2011, 598 p.

JOLLY, W.M., COCHRANE, M.A., FREEBORN, P.H., HOLDEN, Z.A., BROWN, T.J., WILLIAMSON, G.J., BOWMAN, D.M., 2015. **Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013.** *Nat. Commun.* 6, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms8537>.

LEAL, G. F. **Acúmulo de serapilheira no fragmento florestal no gradiente borda-interior do município de Guaçuí, ES.** 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro – ES, 2014.

LILLESAND, M.T.; KIEFER, W.R.; CHIPMAN, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, 2015.

LOPES, L. **Modelação do risco e dinâmica do fogo para apoio ao planeamento e gestão do espaço florestal**. Caso de Estudo – Bacia Hidrográfica do Rio Estorãos. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território) – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Ponte de Lima, 2013. Disponível em: Acesso em: 5 de agosto de 2020.

MACHADO, C.C.C.; GALVÍNIO, J.D.; PEREIRA, E.C.G. (2014). **Utilização do IVAS e da Temperatura da superfície para análise multitemporal das mudanças ambientais no Parque Natural da Serra da Estrela (Portugal)**. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra. pp. 1-12.

MENDES, P.C. (2001) **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)**. dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Unidades de Conservação, 2012**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao>. Acesso em 01/04/2020.

MIRANDA, H. S., BUSTAMANTE, M. M. C., & MIRANDA, A. C. (2016). 4. **The Fire Factor. In the Cerrados of Brazil**. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-005>

MORAIS, J.C.M. 2004. **Tecnologia de Combate aos Incêndios Florestais**. Revista Floresta 34, P.211-216, Curitiba.

NAFICY, C., SALA, A., KEELING, E.G., GRAHAM, J., DELUCA, T.H., 2010. **Efeitos interativos da exploração madeireira histórica e exclusão do fogo na estrutura da floresta de pinheiros ponderosa nas Rochosas do Norte**. Ecol. Appl. 20 (7), 1851-1864.

NORTH, M. P., STEPHENS, S. L., COLLINS, B.M., AGEE, J. K., APLET, G., FRANKLIN, J. F., & FULE, P. Z. (2015). Reform Forest fire management. **Science**, 349(6254), 1280-1281. doi:10.1126/science. aab2356.

PARANÁ. Corpo de Bombeiros. **Plano anual de instrução 2002**: material de apoio sobre combate a incêndios florestais. Curitiba, 2002. 30 p.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, L. C.; VALADARES, R. **Monitoramento dos incêndios florestais no estado de Minas Gerais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO O REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 4535-4540.

PISSATTO *et al.*, v (5), nº5, p. 804 - 812, 2012. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** REGET/UFSM (e-ISSN: 2236-1170).

PIVELLO, V.R.; OLIVERAS, I.; MIRANDA, H.S.; HARIDASAN, M.; SATO, M.N. & MEIRELLES, S.T. 2010. **Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil**. Plant Soil, 337: 111-123.

REX, F. E.; KAFER, S.P.; DEBASTIANI, B.A.; KAZANI, S. V. **Potencial de imagens msi (sentinel-2) para classificação do uso de cobertura da Terra.** *Biosfera*, vol.15, nº27, junho de 2018, p.219-31.

REZENDE, E. N.; OLIVEIRA, E.R. A dinâmica do incêndio florestal e sua repercussão na responsabilidade civil por dano ambiental. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v. 5, n. 2, 2015.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000. 220 p.

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

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Org.). **Sensoriamento Remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 285 p.

SEVINC, V., KUCUK, O., & GOLTAS, M. (2019). **A Bayesian network model for prediction and analysis of possible forest fire causes.** *Ecologia e Gestão Florestal*, 117723. doi:10.1016/j.foreco.2019.117723.

SCHLESINGER, S. Onde pastar? O gado bovino no Brasil. – Rio de Janeiro: FASE, 2010, 1 edição, p. 112, 2010. Disponível em: <https://fase.org.br/wp-content/uploads/2010/06/Onde-pastar.pdf>. Acesso em: 22/08/2022.

SHIMABUKURO, Y.E.; KRUG, T.; SANTOS, J.R.; NOVO, E. M. M.; YI, J.L.R. Roraima: o incêndio visto do espaço. *Ciência Hoje*, v. 27, n.157, p. 32-34, jan./fev.2000. Disponível em: http://queimadas.cptc.inpe.br/~rqueimadas/material3os/roraima98_cienciahoje.pdf>. Acesso: 29 jun 2020.

SILVA, D.M. & BATALHA, M.A. 2008. Soil–vegetation relationships in cerrados under different fire frequencies. *Plant and Soil*, 311(1-2): 87-96

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Curso de prevenção e controle de incêndios florestais: o problema do fogo na floresta e meteorologia aplicada aos incêndios florestais: módulo 1.** Brasília: ABEAS/UFPR, 1998. 32 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolution of forest fire statistics in brazilian protected lands in the last 20 years. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5, 2006, Portugal. *Anais...* Portugal, 2006.

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

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

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

SOARES, R.V; BATISTA, A.C. TETTO, A.F. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2017.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, Curitiba, v. 32, p. 219 - 232, 2004.

SOUSA, I.B.DE.; JORDÃO, G.B.F. Geotecnologias como recursos didáticos em apoio ao ensino de cartografia nas aulas de geografia do ensino básico. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 150-163, 2015. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cZ1rMMe2tTsJ:www.seer.ufr.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/27157/16440+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>

SOUZA, P. A. L.; SISMANOGLU, R. A.; LONGO, K. M.; MAURANO, L. E.; RECUERO, F. S.; SETZER, A. W.; YOSHIDA, M. C. **Avanços no monitoramento de queimadas realizado no INPE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. 1 CD-ROM.

SOUZA, E. C. **Dinâmica Recente do Setor Agropecuário de Minas Gerais: Uma Análise Econométrica Espacial**. Monografia de Graduação: Instituto de Economia (Universidade Federal de Uberlândia), p. 66. 2010.

STEPHENS, S.L., BURROWS, N., BUYANTUYEV, A., GRAY, R.W., KEANE, R.E., KUBIAN, R., LIU, S., SEIJO, F., SHU, L., TOLHURST, K.G., VAN WANGENTDONK, J.W., 2014. **Temperate and boreal forest mega-fires: characteristics and challenges**. *Front. Ecol. Environ.* 12 (2),115–122.

PACHECO, A. P.; CLARO, J.; FERNANDES, P. M.; NEUFVILLE, R.; OLIVEIRA, T. M.; BORGES, J. G.; RODRIGUES, J. C. Cohesive fire management within an uncertain environment: a review of risk handling and decision support systems. **Forest Ecology and Management**, v. 347, p. 1-17, 2015.

TETTO, A. F. et al. Subsídios à prevenção e combate a incêndios florestais com base no comportamento da precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Irati, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan. /mar. 2010.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios florestais em unidades de conservação no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5., 2011a, Campinas. **Anais...** Curitiba, 2011. CD-ROM.

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

TORRES, F.T.P et al; **Perfil dos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Brasileiras no Período de 2008 a 2012**; In: Revista Floresta, Curitiba, v.46, n.4, p.531- 542; out./dez, 2017.

TORRES, F.T.P.; ROQUE, M.P.B.; LIMA, G.S.; MARTINS, S.V.; FARIA, A.L.L. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v.24, p.1-7, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.025615>

Tragédia na BR277: estiagem aumenta risco de incêndios, e prefeitura havia alertado sobre queimadas em São José dos Pinhais. G1 <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2020/08/03/tragedia-na-br-277-estiagem-aumenta-risco-de-incendios-e-prefeitura-havia-alertado-sobre-queimadas-em-sao-jose-dos-pinhais.ghhtml>. Acesso: 4 de agosto de 2020.

TRINDADE, S.P.; RODRIGUES, R.A. Uso Do Solo Na Microbacia Do Ribeirão Samambaia e sua relação com a suscetibilidade à erosão laminar. **Geográfica Acadêmica**, v.10, n.1, p. 163-181, 2016. Disponível: em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/3421>. doi: <http://dx.doi.org/10.18227/1678-7226rga.v10i1.3421>

WHITE, B. L. A. **Modelagem matemática e avaliação do comportamento do fogo em litorais de eucalipto**. 190 f. 2014. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

WHITE, L. A. S. **Análise espacial e temporal de incêndios florestais para o município de Inhambupe, litoral norte da Bahia**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.