

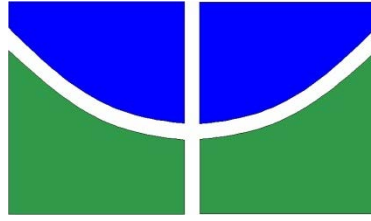
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS

Lilian de Queiroz Barbosa

Brasília, 22 de abril de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

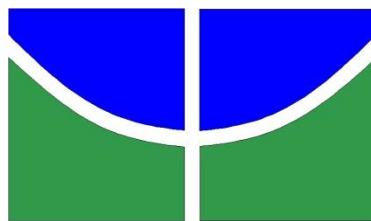
**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE
POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS**

Lilian de Queiroz Barbosa

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília, como
parte das exigências para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido
Trondoli Matricardi

Brasília-DF, 22 de abril de 2022



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE
POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS**

Estudante: Lilian de Queiroz Barbosa

Matrícula: 16/0012473

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Aprovado por:

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Dra. Olívia Bueno da Costa
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Documento assinado eletronicamente. A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7924133** e o código CRC **1E66043E**.

Brasília-DF, 22 de abril de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Barbosa Queiroz, Lilian

GD192i Análise espaço-temporal dos incêndios florestais na APA de Pouso Alto, Estado de Goiás

/ Lilian Queiroz Barbosa; orientador Eraldo

Aparecido Trondoli Matricardi. -- Brasília, 2022.

46 p.

Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) --

Universidade de Brasília, 2022.

1. Geoprocessamento. 2. Sensor MODIS. 3. Cerrado. 4. Queimadas. 5. Conservação. I.

Aparecido Trondoli Matricardi, Eraldo, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARBOSA, L. Q. (2022). ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS. Trabalho de conclusão de curso, **Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília**, Brasília, DF, 46 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Lilian Queiroz Barbosa 1

TÍTULO: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS

GRAU: Engenheiro em Engenharia Florestal ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Lilian Queiroz Barbosa

Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 – Brasília – DF - Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar e me manter firme em alcançar meus sonhos.

Aos meus pais, Arnaldo Barbosa da Silva e Edilene Campos de Queiroz, por serem sempre minha base, dando suporte, conforto e amor em todas as etapas de minha vida.

Aos meus irmãos, Laila de Queiroz e Thiago Barbosa, por sempre me incentivarem a alcançar minhas metas, me dando sempre apoio, cumplicidade, abraço e carinho. Muito obrigada por existirem e serem quem são.

A todos os meus amigos, que dividiram algum tempo comigo durante essa jornada, com aconchego, conselhos e risadas. Guardo com amor em meu coração, por serem incentivo nas horas difíceis de desânimo.

A Universidade de Brasília e a todos os professores que me ensinaram algo sobre a minha profissão, mas que também me fizeram aprender mais sobre a vida. E ao meu orientador, Prof. Dr. Eraldo Matricardi, pela disponibilidade em me auxiliar neste trabalho de forma calma e profissional.

RESUMO

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA APA DE POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS

Os incêndios florestais consistem em um problema ambiental recorrente no bioma Cerrado, especialmente quando considerada a sua ocorrência e propagação dentro de Unidades de Conservação. O presente estudo envolveu uma análise espaço-temporal dos incêndios florestais na Área de Proteção Ambiental (APA) de Pouso Alto, abrangendo seis municípios (Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Colinas do Sul, Nova Roma, São João d' Aliança e Teresina de Goiás) no estado de Goiás, totalizando 872.000 hectares de vegetação típica do Cerrado. A análise foi conduzida utilizando dados de uso e cobertura da terra do projeto Mapbiomas e de áreas queimadas do produto MODIS MDC64A1 do período de 2010 a 2020, disponíveis e processados na Plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Os resultados deste estudo indicaram que as formações savânicas foram as mais afetadas pelo fogo na área e período de estudo. Não foram identificadas tendências significativas na base de dados do fogo para o período analisado. Em 2010 e 2017 grandes extensões foram atingidas por fogo, a maioria nas proximidades de rodovias e centros urbanos, o que indica que fatores externos como as variações climáticas e fatores antropogênicos influenciam a ocorrência do fogo na região. Com base nos resultados deste estudo, recomenda-se a adoção de políticas de comando e controle ambiental mais severas, associadas a medidas de prevenção e combate a incêndios florestais, que podem ser orientadas para mitigar os efeitos do fogo.

Palavras-Chave: Cerrado, Cobertura e uso do solo; *Google Earth Engine*; Incêndios Florestais; MapBiomas; MODIS MCD64A1; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF FOREST FIRES IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA OF POUSO ALTO, GOIÁS STATE

Forest fires are a recurrent environmental issue in the Cerrado biome, especially when considering their occurrence and propagation within Protected Areas. This study involved a spatiotemporal analysis of forest fires occurred within the Environmental Protection Area (APA) of Pouso Alto, which includes six municipalities (Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Colinas do Sul, Nova Roma, São João d' Aliança and Teresina de Goiás) in the state of Goiás, encompassing a total area of 872,000 hectares of typical Cerrado vegetation. This analysis was conducted using land use and land cover data provided by the Mapbiomas project and burned areas provided by the MODIS MDC64A1 product acquired between 2010 and 2020. The dataset was available and processed on the Google Earth Engine Platform (GEE). This study results indicates that the savannah formations were the most affected vegetation type by fires in the study area and period. No significant trends were observed in the fire dataset in the study period. The largest areas affected by fires were observed in 2010 and 2017, mostly located close to highways and urban centers, which indicates that externalities such as climate variations and anthropogenic factors may affect fire occurrence and spreading in the study region. Based on this study results, it is highly recommended to enforce environmental laws, combined with actions of forest fire prevention and fighting, which can be helpful to mitigate the effects of forest fires.

Keywords: Cerrado, Land cover and soil use; Google Earth Engine; Forest Fires; MapBiomas; MODIS MCD64A1; Remote Sensing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO	9
3. OBJETIVO	9
3.1. Objetivo Geral	9
3.2. Objetivo Específico.....	9
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
4.1. O cerrado e histórico da área	10
4.2. Unidades de Conservação.....	11
4.3. Uso do solo na região.....	14
4.4. Monitoramento	16
4.5. Plano de manejo.....	17
4.6. Enfoque ambiental	18
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1. Caracterização da área de estudo.....	20
5.2. Base de dados e softwares.....	22
5.2.1. Google Earth Engine (GEE).....	22
5.2.2. Quatum-Gis (QGis)	22
5.2.3. MapBiomias.....	23
5.2.4. Sensor MODIS e produto MCD64A1.....	23
5.2.5. Análises espaciais e temporais dos dados de incêndios florestais.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.2.1 Dinâmica temporal do fogo na APA Pouso Alto	27
5.2.2 Áreas atingidas por fogo na APA Pouso Alto (2010-2020).....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FOTO DO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEDEIROS - GO, SETEMBRO DE 2020, EVIDENCIANDO A COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO E A VULNERABILIDADE AO FOGO DA REGIÃO.	12
FIGURA 2 - CACHOEIRA DOS COUROS EM ALTO PARAÍSO DE GOIÁS – GO, SETEMBRO DE 2020, MOSTRANDO O POTENCIAL DOS RECURSOS NATURAIS NA REGIÃO.	15
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) POUSO ALTO NO BRASIL E NO BIOMA CERRADO.	21
FIGURA 4 - FLUXO METODOLÓGICO PARA ESTIMAR A ÁREA ATINGIDA POR FOGO ENTRE 2010 E 2020.	25
FIGURA 5 - FLUXO METODOLÓGICO PARA ESTIMAR A ÁREA QUEIMADA EM CADA USO DA TERRA, ENTRE 2010 E 2020.	26
FIGURA 6 - ÁREA TOTAL ATINGIDA POR FOGO ANUALMENTE NA APA DE POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS.	27
FIGURA 7 - PORCENTAGEM DE ÁREA QUEIMADA NA APA DE POUSO ALTO ENTRE 2010 E 2020.	28
FIGURA 8 - ÁREA E TIPOS DE VEGETAÇÃO E USO DA TERRA ATINGIDOS POR FOGO NA APA POUSO ALTO, ESTADO DE GOIÁS, ENTRE 2010 E 2020.	29
FIGURA 9 - FORMAÇÕES VEGETAIS NATIVAS PRESENTES NA APA DE POUSO ALTO MAIS AFETADAS POR FOGO ENTRE 2010 E 2020.	30
FIGURA 10 - MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO DA APA POUSO ALTO.	31
FIGURA 11 - OCORRÊNCIA DE FOGO ENTRE 2010 E 2020 NA APA DE POUSO ALTO - GO.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

GEE - Google Earth Engine.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JICA - Agência de Cooperação Internacional do Japão

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

ONGs - Organizações não governamentais

PNCV - Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros

RPPN - Reservas Particulares do Patrimônio Natural

SECIMA - Secretaria de estado de meio ambiente, recursos hídricos, infraestrutura, cidades e assuntos metropolitanos

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SNUC - Sistema Nacional de Unidade de Conservação

UCs - Unidades de Conservação

UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é a segunda maior região biogeográfica da América do Sul e é considerada a formação savânica mais biodiversa do mundo. Com aproximadamente 2 milhões km², ocupa cerca de 25% do território brasileiro (INPE, 2021). Embora o Cerrado seja um ecossistema adaptado ao fogo, as queimadas usadas para estimular a regeneração de campos e a abertura de novas áreas agrícolas podem levar à perda de nutrientes, compactação do solo e erosão, um problema grave que afeta grandes áreas, especialmente em regiões montanhosas do leste goiano e oeste mineiro (KINK & MACHADO, 2005).

Incêndios florestais assolam o meio ambiente de forma natural ou antrópica e são cada vez mais frequentes, prejudicando o desenvolvimento das diversas florestas do nosso país. A extensa área territorial do Brasil e as diversas espécies vegetais, facilitam o aumento dos focos de queimadas no país. Com isso, surge a necessidade de aprimorar as técnicas de detecção dos incêndios florestais, incentivando a adoção de medidas preventivas que podem auxiliar no controle das queimadas e atenuar os prejuízos (BATISTA, 2004).

Nesse contexto, as consequências dos incêndios florestais, é necessário o monitoramento da ocorrência e propagação do fogo, analisando os locais de maior incidência e correlacionando com as possíveis causas para então identificar áreas críticas que necessitam de maior atenção na prevenção e combate ao fogo.

Assim, saber onde estão os focos de ocorrência, é de grande importância para direcionar esforços para o controle dos incêndios de forma efetiva; o monitoramento e entendimento das ocorrências de focos de queimadas são essenciais para compreender a sua interação com os processos ecológicos e os impactos provenientes das atividades humanas em múltiplas escalas espaciais de análise, gerando informações que podem subsidiar alternativas estratégicas para a conservação da biodiversidade e do solo, e a redução das emissões de carbono (ALVEZ; PÉREZ-CABELLO, 2017).

Félix; Lourenço (2017) e Lima et al. (2018) discorrem que a eficiência no combate aos incêndios florestais diz respeito à minimização do tempo envolvido entre as operações de combate, que são: detecção, comunicação, preparação e início das

operações, mobilização, implantação de recursos na área da ocorrência e extinção do fogo.

A extinção completa pelo fogo também pode levar à degradação ambiental porque, devido ao acúmulo de materiais inflamáveis (matéria vegetal seca) e à baixa umidade da estação seca, as queimadas nessas condições muitas vezes criam temperaturas muito altas, que podem prejudicar à fauna e à flora do solo (KLINK & MOREIRA, 2002). Em algumas regiões do país, principalmente no Bioma Cerrado, o manejo do fogo é uma das áreas mais exigentes na gestão de áreas protegidas.

O fogo tornou-se um fator decisivo no ecossistema global, pois moldou a distribuição dos biomas e manteve a formação e o funcionamento das comunidades que vivem em áreas propensas ao fogo. O fogo é uma força evolucionária significativa e uma das primeiras ferramentas utilizadas pelas populações humanas para moldar suas formas de vida (BOND & KEELEY, 2005).

As mudanças no uso e cobertura da terra, associadas aos incêndios florestais no bioma Cerrado, trouxeram enormes danos ambientais, como: Fragmentação do habitat, extinção da biodiversidade, espécies exóticas invasoras, erosão do solo, poluição dos aquíferos, degradação do ecossistema, alterações do regime de fogo, desequilíbrios do ciclo do carbono e possivelmente alterações climáticas regionais (KINK & MACHADO, 2005). Essas transformações podem ser acompanhadas diariamente de uma forma mais precisa a partir da evolução das tecnologias e imagens de satélite.

Os incêndios florestais são as principais ameaças às Unidades de Conservação brasileiras (RAMALHO et al., 2021b). O conhecimento da distribuição espacial do fogo, a partir do uso de ferramentas de geoprocessamento e dados georreferenciados permite estimar a extensão e localização de áreas atingidas por fogo, com a elaboração de mapas temáticos. Esses mapas permitem identificar níveis de risco de ocorrência de incêndios em diferentes regiões e ecossistemas, fornecendo informações importantes para o planejamento das ações de prevenção e combate.

Isso minimiza os efeitos negativos causados pelo fogo, pois permite a gestão dos elementos que compõem a paisagem, priorizando técnicas que reduzam o perigo de incêndio em nível de mancha, diminuam a conectividade entre coberturas inflamáveis, e aumentem a heterogeneidade da paisagem (MAGALHÃES et al., 2017).

Dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) mostram que o Brasil possui 334 unidades de conservação (UCs) federais, sendo 149 de proteção integral e 185 de uso contínuo, com área equivalente a 9% de todo o continente e 25% do território marítimo brasileiro. As UCs são consideradas áreas com características naturais relevantes, delimitadas pelo poder público com o objetivo de garantir a conservação e preservação de seus recursos ambientais (BRASIL, 2000). A gestão das unidades de conservação federais é de responsabilidade do ICMBio, autarquia criada em 2007 e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Uma das categorias de proteção instituída pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) é a Área de Proteção Ambiental (APA), que permite, concomitantemente com a preservação, o uso sustentável. A APA de Pouso Alto, situada no Goiás, foi criada em 2001 pelo Decreto nº 5.419 do governo estadual. Esse Decreto estabelece que o uso deve buscar proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Além disso, busca garantir não apenas a sobrevivência econômica dos diversos atores sociais que nele vivem, mas também permite a continuidade do Cerrado e de toda a biodiversidade.

Sistemas de detecção de focos de incêndios tem reportado vários eventos de fogo na região da APA de Pouso Alto, estado de Goiás, com o conseqüente aumento do processo de degradação ambiental, criando o debate sobre a questão ambiental e a ameaça da sustentabilidade ambiental desta Unidade de Conservação. No presente estudo, foi conduzida uma análise detalhada da ocorrência dos incêndios florestais e seus impactos na vegetação e nos usos da terra inseridos na APA de Pouso Alto usando dados de sensores remotos, adquiridos entre 2010 e 2020. Buscou-se com o estudo contribuir para entendimento da dinâmica espaço-temporal da ocorrência do fogo e de seus impactos na paisagem nativa e disponibilizar informações úteis para definir medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais nesta APA.

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO

A ocorrência dos incêndios tem aumentado em abrangência e frequência nas últimas décadas no bioma Cerrado. Além dos processos naturais que causam incêndios, como descargas elétricas, combustão espontânea e atrito entre rochas, os processos antropogênicos são a principal causa do aumento das queimadas e incêndios florestais no Cerrado que, geralmente, estão associados à limpeza do ambiente para a implementação de pastagem ou às estradas que norteiam as áreas, como é o caso da APA de Pouso Alto.

Esta Unidade de Conservação tem alta relevância ambiental, tem sido bastante impactada pelo fogo nos últimos anos e, por ser uma UC, deveria ser objeto de maior controle dos eventos de fogo em seu interior. A partir desta problemática, a presente pesquisa foi norteada pelas seguintes questões: Qual foi a área atingida por fogo na APA - Pouso Alto entre 2010 e 2020? Onde estavam localizadas as áreas com maior frequência do fogo? Quais os tipos de uso e cobertura da terra mais atingidos por fogo no período de estudo?

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Buscou-se entender detalhadamente a dinâmica espacial e temporal das áreas atingidas por fogo entre 2010 e 2020 na Área de Proteção Ambiental de Pouso Alto - GO, utilizando dados de sensoriamento remoto.

3.2. Objetivo Específico

- Analisar a dinâmica espaço-temporal das áreas atingidas por fogo usando dados do produto MODIS MCD64A1;
- Estimar e localizar os incêndios florestais na área de estudo;
- Identificar os tipos de cobertura e uso da terra mais afetados pelo fogo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. O cerrado e histórico da área

O Cerrado é superado em área apenas pela Amazônia, e corresponde ao segundo maior bioma brasileiro. Ocupando 21% do território do Brasil, conhecido como a “savana brasileira”, identificado como *hotspot* e é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002). Aproximadamente 137 espécies de animais que ocorrem nesse bioma estão ameaçadas de extinção (Fundação Biodiversitas, 2003; HILTON-TAYLOR, 2004), o que pode estar relacionado ao crescimento da agricultura e exploração de produtos nativos da área. O clima da região é tropical-quente-subúmido, com alta estacionalidade das chuvas e com uma estação seca bem demarcada entre maio e setembro (Embrapa, 2012).

A partir da década de 1970, o Cerrado se transformou em uma nova e importante fronteira agrícola brasileira. Essa transformação modificou os aspectos socioeconômicos regionais e impulsionou a produtividade agropecuária tornando o Brasil um dos principais produtores mundiais de commodities agrícolas. Porém, a implementação do conjunto de ações para ocupação humana no Cerrado teve como consequência o aumento do desmatamento – responsável por grande parte das alterações da sua paisagem (INPE, 2021).

Os solos do Cerrado são ácidos, com baixa quantidade de nutrientes e intemperizados; portanto, a produção, para fins agrícolas, exige a utilização de fertilizantes e calcário a serem incorporados ao solo. Dessa forma, o solo pobre não tem sido uma barreira para a ocupação de grandes extensões de terra pela agricultura moderna, especialmente o cultivo de soja, que é um dos elementos-chave de exportação do Brasil, assim como pastagens cultivadas. (KLINK & MACHADO, 2005).

Desde muito tempo atrás o fogo no cerrado acontece, isso é evidenciado por amostras de carvão datados entre 27100 e 41700 anos antes do presente, com o homem primitivo que utilizava o fogo para caçar, guerrear e preparar o solo (VICENTINI, 1993). Ele se caracteriza como um dos fatores determinantes do tipo de vegetação savânica, sendo considerado como fator de diversidade fisionômica (SATO, 2003). Porém, atualmente a principal causa dos incêndios florestais na região é o uso do fogo para limpeza agrícola ou pastoril na forma de queimada controlada. No entanto, o negligenciamento de ações básicas de controle tem acarretado perdas

imensas tanto do ponto de vista ambiental quanto econômicas (COUTINHO, 1990).

Fonseca e Ribeiro apud Parizotto (2006) definem incêndios florestais como a ocorrência de fogo em qualquer forma vegetativa cujas causas vão de naturais a criminosas, podendo também estar associadas à forma acidental e, portanto, inesperada pelo proprietário ou responsável pela área atingida.

Os organismos que fazem parte do bioma Cerrado estão habituados a um regime de queima em determinadas épocas do ano e a frequência de ocorrência destes eventos. Alguns parâmetros de comportamento do fogo, como a intensidade de frente do fogo, a velocidade de propagação e a altura das chamas, influenciam nas respostas dos organismos aos regimes de queimadas que ocorrem em diferentes épocas do ano (MIRANDA et. al, 2010).

Em outubro de 2000, foi realizada no município de Cavalcante, uma consulta pública com moradores da região na qual foi discutida a implantação da APA a partir dos eventuais problemas e benefícios que ela traria para a região. Esta consulta pública contou com aproximadamente cento e cinquenta pessoas de todos os seis municípios envolvidos. Por meio dessa consulta pública o Poder Público é obrigado a fornecer informações adequadas e inteligíveis à população local e a outras partes interessadas. Contudo, alguns moradores dos municípios que fazem parte da APA não consideram que o grupo tenha sido representativo (MEIÇÓ, 2005).

4.2. Unidades de Conservação

O Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC- Lei 9.985/2000) possui 12 categorias de UC, que se diferenciam pela forma de como podem ser utilizadas e pela fragilidade da região. Segundo a Lei no Art. 2º, inciso I, as Unidades de Conservação (UCs) são:

“Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.”

Sendo subdivididas em duas categorias, que são: As Unidades de Uso Sustentável e Unidades de Proteção Integral. E o Artigo 2º, inciso VI define os objetivos das Unidades de Proteção Integral como:

“Manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.”

A Unidade de proteção integral presente na APA é o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), criado a partir do decreto nº49.875, em 11 de janeiro de 1961, passou por redução e posterior ampliação de sua área, e atualmente possui aproximadamente 240.611 hectares. O PNCV (*Figura 1*) foi declarado Patrimônio Mundial Natural em 2001 pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), possui diversas formações vegetais, nascentes e cursos d’água (ICMBio, 2022).



Figura 1 - Foto do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros - GO, setembro de 2020, evidenciando a cobertura vegetal da região e a vulnerabilidade ao fogo da região. Fonte: Autoria própria.

E no mesmo Artigo 2º, o inciso XI define os objetivos das Unidades de Uso Sustentável:

“Exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável;”

A APA de Pouso Alto, é uma Unidade de Uso Sustentável e dentro dos limites dela existem algumas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) que são áreas de preservação criadas por iniciativa dos próprios proprietários, seis no total, que também são consideradas Unidades de Uso Sustentável:

- APA Pouso Alto, que possui 872.000 hectares, criada pelo Decreto nº 5.419, em 07 de maio de 2001;
- RPPN Catingueiro, que possui 60,00 hectares, criada pela Portaria nº256, em 5 de dezembro de 2013;
- RPPN Maria Batista, que possui 47,70 hectares, criada pela Portaria nº251, em 13 de novembro de 2013;
- RPPN Integra o Parque, que possui 310,89 hectares, criada pela Portaria nº250, em 13 de novembro de 2013;
- RPPN São Bartolomeu, que possui 70,92 hectares, criada pela Portaria nº249, em 13 de novembro de 2013;
- RPPN Serra do Tombador, que possui 8730,45 hectares, criada pela Portaria nº26, em 8 de maio de 2009;
- RPPN Ponte da Pedra, que possui 112,75 hectares, criada pela Portaria nº248, em 13 de novembro de 2013.

De acordo com Côrte (1997), a criação de UC, incluindo as Áreas de Proteção Ambiental – APAs, são utilizadas para proteger parte do território segundo objetivos específicos e previamente estabelecidos. Essa categoria de Unidade de Conservação, ao ser criada e estabelecida por Lei, não envolve desapropriações de terras e, dessa forma, os proprietários permanecem com direito de propriedade. Contudo, essas áreas são submetidas a ações de ordenamento e controle do uso do solo e dos recursos naturais, tendo como meta, o desenvolvimento sustentável.

Alguns governos estaduais, como Goiás, trabalham para criação de áreas protegidas e a expansão consolidação da rede existente de UCs, principalmente com

o estabelecimento de corredores ecológicos. A capacitação e a assistência técnica aos agricultores têm sido usadas simultaneamente (KLINK & MACHADO, 2005).

Os incêndios florestais têm muitas ocorrências em diversos ecossistemas: UCs, reservas naturais, áreas de reflorestamento e preservação, fazendas, e até mesmo em estradas próximas a áreas urbanas, causando, na maioria das vezes, danos ambientais, ecológicos, paisagísticos e econômicos (COSTA et al., 2009); o que torna importante conhecer e monitorar esses eventos.

O planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais em uma Unidade de Conservação depende da investigação das causas, da frequência e das consequências de ocorrência do fogo, além de outros conhecimentos. Portanto, uma das bases fundamentais para a proteção das Unidades de Conservação é a pesquisa sobre os padrões históricos de incêndios florestais no seu interior e nas proximidades (MATOS, 2004).

4.3. Uso do solo na região

A APA de Pouso Alto possui áreas geográficas extensas e delimitadas, dotadas de atributos que exigem a proteção de forma específica da flora e fauna silvestre, dos solos, das águas e das belezas cênicas, com objetivos científicos, educacionais, recreativos e culturais (IBAMA, 2004).

Corroborando neste sentido Klink e Machado (2005, p. 148), ao afirmam que:

“As transformações ocorridas no Cerrado também trouxeram grandes danos ambientais – fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e possivelmente modificações climáticas regionais. Embora o Cerrado seja um ecossistema adaptado ao fogo, as queimadas utilizadas para estimular a rebrota das pastagens e para abrir novas áreas agrícolas causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos, um problema grave que atinge enormes áreas (...).”

O uso do solo na região é caracterizado por grande quantidade de formações florestais, além de campos e savanas. O que tem preocupado a conservação da

região é o crescimento da área urbana, agricultura e pecuária, que podem afetar de forma direta. São realizadas atividades de uso público na região, que por possuir alta beleza cênica, acaba atraindo atividades como caminhadas em trilhas e banhos em cachoeiras e piscinas naturais na APA de Pouso Alto (*Figura 2*), entorno, RPPNs e fazendas. E existem algumas atividades que são exploratórias e que necessitam de fiscalização como o extrativismo vegetal; Agricultura e Pecuária; Extrativismo mineral; Caça e pesca ilegais e fogo, que podem afetar diretamente a conservação da região.



Figura 2 - Cachoeira dos Couros em Alto Paraíso de Goiás – GO, setembro de 2020, mostrando o potencial dos recursos naturais na região. Fonte: Autoria própria.

Destaca-se a crença que, a queima controlada é considerada como método barato para preparar a terra para o plantio de culturas e para a renovação de pastagens, pois além de eliminar a vegetação da área, as árvores derrubadas e queimadas produzem cinzas ricas em nutrientes que fertilizam o solo e, no curto prazo, aumentam sua produtividade. O fogo é usado também para estimular o crescimento de gramíneas forrageiras de pastagens e matar as plantas invasoras lenhosas que invadem essas pastagens. Sem o fogo, os proprietários rurais teriam, certamente, de investir na compra de máquinas para remover as árvores caídas e despende tempo

roçando as ervas daninhas que invadem as pastagens (NEPSTAD, MOREIRA E ALENCAR, 1999).

Geralmente o fogo é usado para limpar terrenos. Tansey et al. (2004), estimaram que 67% da área queimada no Brasil, em 2000, estava no Cerrado. A frequência das queimadas afeta negativamente o estabelecimento de árvores e arbustos (HOFFMANN & MOREIRA, 2002), além de liberar para a atmosfera dióxido de carbono (CO_2) e entre outros gases que influenciam no efeito estufa (KRUG et al., 2002).

Apesar de existirem ocorrências do fogo no Cerrado provenientes de causas naturais, sendo o relâmpago a mais comum, a grande maioria dos incêndios é causada por ignição humana, principalmente oriunda de práticas agrícolas - remoção da vegetação para instalação de culturas ou pastagens, rotação de culturas, queima de resíduos ou estímulo de rebrota de ervas para alimentar o gado na estação seca, sendo frequente, ainda, os incêndios criminosos (PIVELLO, 2011)

4.4. Monitoramento

No Brasil, a identificação e o monitoramento operacional dos focos de queimadas e de incêndios florestais detectados orbitalmente por satélites, o cálculo e a previsão do risco de fogo da vegetação são realizados através do Programa Queimadas sob desenvolvimento e responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os incêndios de causa natural, geralmente, atingem áreas pequenas por causa da chuva que normalmente vem posterior aos raios e, teoricamente, podem desempenhar um papel importante na manutenção da biodiversidade das formações vegetais mais abertas do Cerrado ao manter a heterogeneidade das comunidades de plantas do estrato herbáceo (RAMOS-NETO, 2000; MEDEIROS, 2002 E FIEDLER ET AL, 2006). A área queimada por raios pode ser subestimada, tendo em conta a dificuldade de visualização, o relevo irregular e a rápida extinção muitas vezes provocada nesses tipos de incêndios. Logo, pesquisas devem ser feitas para monitorar esse e outros tipos de ocorrência de fogo para avaliação dos impactos da biota local (MEDEIROS, 2002).

De acordo com Fiedler et al (2006), o monitoramento era feito pelo patrulhamento automotivo terrestre e uso de pontos de observação. Para o combate,

o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), que fica praticamente no centro da APA, conta com o apoio da brigada, de voluntários e, quando necessário, conta com a ajuda da brigada do Parque Nacional de Brasília. As principais dificuldades encontradas durante o combate eram o deslocamento da brigada e o abastecimento das bombas costais.

4.5. Plano de manejo

O SNUC (artigo 27, § 1º- 2006) determina que:

“As unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo, o qual deve abranger a área da unidade de conservação, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas com o fim de promover sua integração à vida econômica e social das comunidades vizinhas”.

Ainda de acordo com o SNUC, a APA de Pouso Alto é considerada uma unidade de uso sustentável, onde é possível a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

Em 2016 por meio da Secretaria de estado de meio ambiente, recursos hídricos, infraestrutura, cidades e assuntos metropolitanos (SECIMA) foi divulgado um Plano de manejo da APA de Pouso Alto realizado pelo Centro Tecnológico de Engenharia - CTE, que destaca alguns objetivos fundamentais previstos para a unidade de conservação, são eles:

- Proteger a diversidade biológica;
- Disciplinar o processo de ocupação;
- Assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais;
- Fomentar o desenvolvimento sustentável;
- Preservar a flora e fauna;
- Preservar os mananciais;
- Preservar a geologia;
- Preservar o paisagismo da região de Pouso Alto, localizada na Chapada dos Veadeiros.

Dessa forma, foram propostos um conjunto de atividades por meio de programas que atendem diferentes necessidades da APA, que são: o Programa de Conservação (Subprograma de Pesquisa e Subprograma de Monitoramento Ambiental); Programa Gestão (Subprograma de Gestão Organizacional, Subprograma de Logística e Subprograma de Proteção) e Programa Gestão Interinstitucional (Subprograma de Relações Institucionais e Subprograma de Educação Ambiental), descritas no plano de manejo.

As definições dos programas de ações são para áreas estabelecidas e ou de forma geral para a APA. As atividades devem alcançar a sustentabilidade da APA e minimizar seu uso desordenado compatibilizando as necessidades humanas com as potencialidades, limitações e fragilidades dos ecossistemas encontrados na região.

4.6. Enfoque ambiental

Dentro da APA de Pouso Alto, existem importantes componentes que influenciam positivamente a preservação da região, como o corredor ecológico, terras indígenas e quilombolas; que promovem uma integração entre o meio ambiente e seus usuários.

Na escala macrorregional é necessário destacar que a região da Chapada dos Veadeiros encontra-se inserida em área do projeto denominado Corredor Ecológico Paraná-Pirineus, resultado de um acordo de cooperação entre IBAMA e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA). O corredor foi criado em 2002 e tem como objetivo contribuir para a conservação, o manejo e o uso sustentável dos recursos naturais por meio de processos de gestões integradas e participativas. Uma de suas finalidades é melhorar a qualidade de vida de todos os grupos populacionais nas áreas que compõe o corredor (CTE, 2016).

Os corredores naturais não são unidades políticas ou administrativas, são áreas onde se destacam ações integradas, com o objetivo de proteger a diversidade biológica na escala dos biomas. Essas ações incluem fortalecer, ampliar e conectar áreas protegidas dentro dos corredores, promover usos de baixo impacto, como o manejo florestal e sistemas agroflorestais, e evitar o uso de alto impacto, como o desmatamento em grande escala. (MMA, 2021).

A APA de Pouso Alto faz divisa a oeste com os Avá-Canoeiros, são também chamados de "Cara-Preta". Do século VIII até 1960 eram designados como

"Canoeiro", simplesmente. No século XIX, tinham ainda denominação "Carijó". O nome Avá-Canoeiro surgiu no início da década de 1970, durante os trabalhos de contato com o grupo que habita a região do rio Araguaia. Os Avá-Canoeiro falam uma língua da família Tupi-Guarani, do tronco Tupi. Existem diferenças dialetais entre os grupos da região do rio Araguaia e do rio Tocantins (POVOS INDIGENAS NO BRASIL, 2014).

Em relação à área da APA de Pouso Alto, pode se destacar a comunidade dos Kalungas situado ao Norte da área da APA. Os Kalungas são os maiores representantes desses grupos em Goiás. Na língua banto, a palavra kalunga significa lugar sagrado, de proteção, e foi nesse refúgio, localizado no norte da Chapada dos Veadeiros, que os descendentes desses escravos se refugiaram passando a viver em relativo isolamento. Com identidade e cultura próprias, os quilombolas construíram sua tradição em uma mistura de elementos africanos, europeus e forte presença do catolicismo tradicional do meio rural (FUNDAÇÃO PALMARES, 2014).

A área ocupada pela comunidade Kalunga foi reconhecida pelo Governo do Estado de Goiás, desde 1991, como sítio histórico que abriga o Patrimônio Cultural Kalunga. Com mais de 230 mil hectares de Cerrado protegido, abriga cerca de quatro mil pessoas em um território que estende pelos municípios de Cavalcante, Monte Alegre e Teresina de Goiás. Seu patrimônio cultural celebra festas santas repletas de rituais cerimoniosos, como a Festa do Império e o Levantamento do mastro, que atraem turistas todos os anos para a região (FUNDAÇÃO PALMARES, 2014).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área de estudo

De acordo com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) do Estado de Goiás, a APA de Pouso Alto foi criada pelo Decreto nº 5.419/2001, situada na região central do bioma Cerrado e na região nordeste do estado de Goiás, abrangendo 872.000 hectares, dentro da microrregião da Chapada dos Veadeiros. Ocupa 2,4% da área do estado de Goiás e abrange os municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Colinas do Sul, Nova Roma, São João d' Aliança e Teresina de Goiás.

A área possui uma a formação de duas estações bem marcadas ao longo do ano, uma estação quente e chuvosa (verão) e outra seca (inverno). Essa última é mais pronunciada nos meses de junho e julho, quando os valores de precipitação caem bruscamente, resultado da maior estabilidade atmosférica nesse período (CTE, 2016).

Segundo Ferreira e Almeida (2014, p. 221), “os principais usos encontrados na área da APA do Pouso Alto são: pastagem, agricultura e extração de minérios”, especialmente “no município de Alto Paraíso de Goiás, apresentando inclusive uma área relevante em agricultura, o que não ocorre de maneira expressiva em nenhum outro município”. O uso predominante na área da APA do Pouso Alto é realmente a pastagem, o que justifica a grande pressão que os fazendeiros exercem para a extinção da APA; além da presença de agricultura familiar ou de uma agricultura visando o consumo da família e a comercialização do excedente em feiras e mercados locais (FERREIRA e ALMEIDA, 2014, p. 221).

A UNESCO, no âmbito do programa O Homem e a Biosfera, reconhece seis regiões brasileiras com o título de Reserva da Biosfera, entre elas, a Reserva da Biosfera do Cerrado Goyaz, que contém o Parque Estadual de Terra Ronca e o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), além da Área de Proteção Ambiental (APA) de Pouso Alto e de um bom número de Reservas Particulares de Proteção Natural (RPPNs).

Criado através do Decreto nº 49.875, de 11 de janeiro de 1961, e considerado Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO em 2001, o PNCV ocupava uma área de aproximadamente 625 mil hectares em seu ano de criação, sendo, posteriormente, reduzido a uma área de cerca de 60 mil hectares, ou seja, menos de

10% da sua área inicial (TSN, 2009). Após a assinatura do decreto sem número, de 05 de junho de 2017, o PNCV passou a ter 240 mil hectares (BRASIL, 2017). Mesmo não tendo a mesma pressão pelo uso da terra, como ocorre, por exemplo, nas regiões sul e sudeste do estado de Goiás, o PNCV, localizado na região nordeste da mesma unidade federativa, tem sido afligido por diversos incêndios ao longo dos anos (ZARDINI; SOUZA; MARTINS, 2016, PRUDENTE; ROSA, 2010).

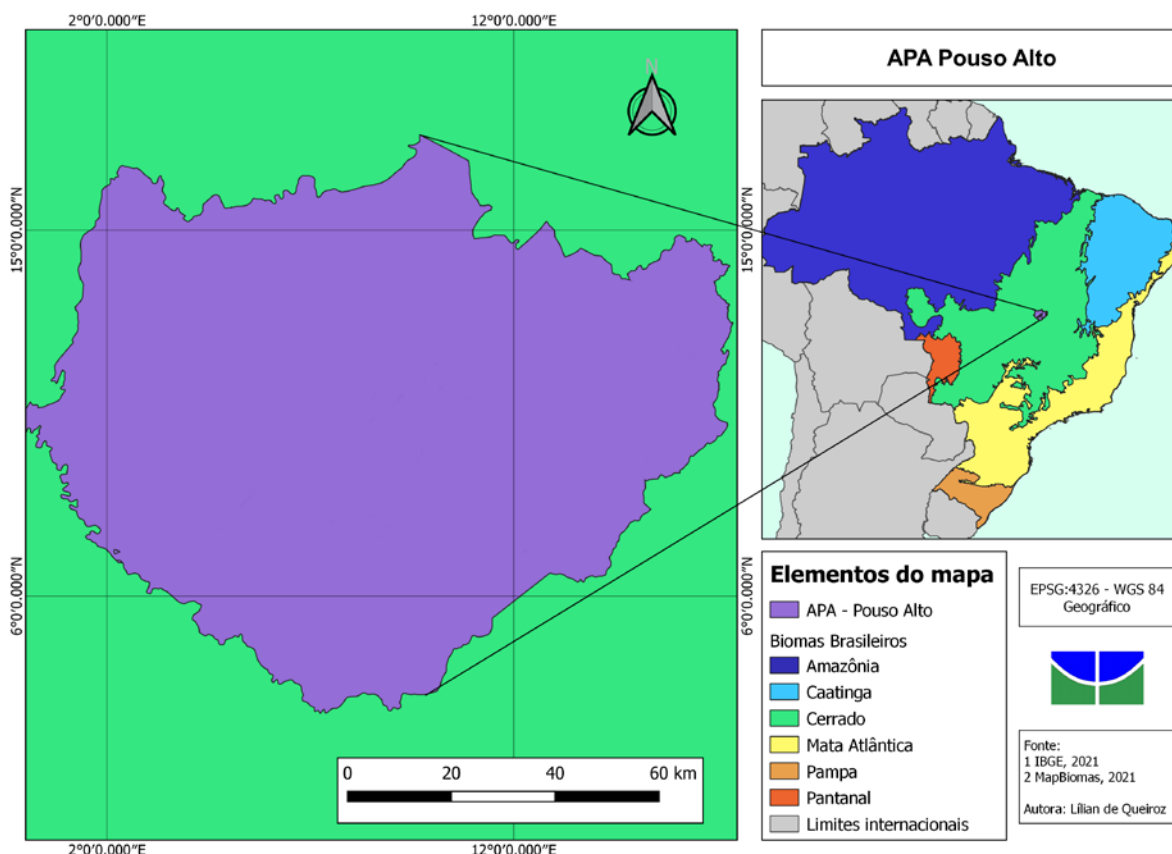


Figura 3 - Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) Pouso Alto no Brasil e no bioma Cerrado. Fonte: Adaptado de IBGE(2021) e MapBiomos(2021).

A APA de Pouso Alto está localizada em uma região de Cerrado (*Figura 3*) com grandes faixas de Cerrado em bom estado de preservação, com baixa antropização. Os aspectos físicos da paisagem, principalmente, elementos voltados ao relevo, altitude e solo, representam os principais fatores atribuídos a boa conservação da vegetação natural nos domínios da APA (CTE, 2016).

5.2. Base de dados e softwares

5.2.1. Google Earth Engine (GEE)

O *Google Earth Engine* (GEE) é uma plataforma de análise de dados geoespaciais de escala global, que utiliza acervo de cerca de quarenta anos de imagens de satélite das missões SENTINEL, MODIS e LANDSAT, para uso em diversos fins, como acadêmicos, governamentais e corporativos. O GEE, captura imagens de satélite diariamente, disponibilizando-as em um arquivo de domínio público em escala global, para prospecção de dados. Além disso, fornece ferramentas que viabilizam análise de uma grande quantidade de dados (GEE, 2021). A plataforma tem alta capacidade de armazenamento e processamento, podendo gerenciar várias camadas de dados. A atualização dos dados não é feita em tempo real, pois se utiliza dados fornecidos por empresas para serem compilados. E como podem ter fontes diferentes, as imagens têm resoluções distintas

5.2.2. Quatum-Gis (QGis)

O Quantum GIS (QGIS) é um software livre e de código aberto de SIG, resultado de um projeto da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU). Utiliza linguagens de programação C++ e Python e funciona nas plataformas Mac OSX, Windows, Linux, Unix e Android. O software permite o emprego de arquivos raster, vetoriais e outros, em que se pode visualizar, analisar e editar dados espaciais (QGIS, 2022).

O programa possui inúmeras funcionalidades, Chen et al. (2010), ao comparar trinta e uma soluções livres para SIG, verificaram que o QGIS superou os demais softwares analisados e suas funcionalidades foram consideradas adequadas para a maioria das aplicações no gerenciamento de recursos hídricos.

O QGIS também pode ser considerado uma das melhores opções no contexto de gerenciamento de desastres, em razão da sua integração a diversos pacotes de softwares livres (Leiding e Teeuw, 2015). O que pode estar relacionado as suas constantes atualizações, e que além das funções básicas é possível adicionar complementos que facilitam o processamento dos dados.

5.2.3. MapBiomias

Criado em 2015, o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias), é uma rede de monitoramento aberto e colaborativo, que conta com especialistas nos biomas e uso dos solos; sensoriamento remoto; SIG e ciência da computação, de universidades, empresas e organizações não governamentais (ONGs).

O MapBiomias, busca otimizar soluções, combater as mudanças climáticas e auxiliar a conservação com monitoramento do uso e cobertura do solo anualmente, contribuindo para o entendimento da dinâmica ambiental do Brasil e em outros países tropicais com uma alta continuidade de dados, com uma metodologia rápida, acessível e de baixo custo (MapBiomias, 2021). No recorte para a área de estudo, foi utilizada a legenda original da coleção seis, do uso e cobertura da terra disponibilizada pelo MapBiomias.

Utilizando imagens do satélite Landsat e com o termo de cooperação técnica da Google, a plataforma processa os dados na infraestrutura de computação em nuvem com uso da plataforma GEE e armazenamento usando o Google Cloud. O projeto MapBiomias produz mapas de uso do solo em parceria com o GEE, em séries anuais, no formato matricial (pixel de 30 x 30 m), abrangendo horizonte de dados de 36 anos, a partir de 1985 até os dias atuais. Além de disponibilizar mosaico de imagens de satélite anuais, com resolução espacial máxima de 30 m, que são tomadas em diferentes épocas do ano a depender do bioma e tema do estudo. Os mosaicos possuem até 105 camadas de informações, incluindo as camadas espectrais e índices de vegetação (MapBiomias, 2021).

5.2.4. Sensor MODIS e produto MCD64A1

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrorradiometer*), é tido como um marco no estudo e monitoramento de vegetação a nível de escala global, seu lançamento foi realizado em 1999 a bordo do satélite TERRA e depois foi feito no satélite AQUA em 2002 (FERREIRA JR, 2008). O objetivo principal é a observação das mudanças da Terra sob os processos naturais e antropomorfos, e assim, compreender as eventuais consequências para a vida terrestre, através do entendimento do planeta como um sistema dinâmico e único (JUSTICE et al., 2002).

Os produtos MODIS são gerados com certa hierarquia, e de acordo com Justice *et al.* (2002), podem ser divididos em níveis de 0 a 4:

- Nível 0: Estado bruto da imagem, sem nenhum tratamento. Não é disponível ao público, assim, não conta no catálogo de produtos do sensor MODIS.

- Nível 1 – A1: Estes, são usados como dados de entrada de geolocalização, calibração e processamento. Contém base de dados de 36 canais do MODIS. São adicionados a esses dados indicadores de qualidade, com a finalidade de indicar perda ou má qualidade de pixel. As faixas do Visível e Infravermelhos Próximo e Médio, são medidas apenas durante o dia, sendo as faixas do Infravermelho termal, de possível medição em ambos os turnos.

- Nível 1 (1B): Neste nível a refletância bidirecional (BRDF) determinam-se para bandas reflectivas solares, a partir do conhecimento da radiação solar. Os produtos também possuem dados de geolocalização e calibração, para as 36 bandas geradas no nível anterior. Dados de estimativa de qualidade, erro e calibração são acrescentados a esse nível.

- Nível 2: Os produtos são obtidos das radiâncias calibradas dos produtos MODIS anteriores.

- Nível 3: Neste nível, os produtos são novamente amostrados temporariamente e espacialmente com o objetivo de produzir estimativas das variáveis geofísicas para as grades de localização.

- Nível 4: No último nível, os produtos resultam da incorporação dos dados MODIS em modelos feitos para estimar as variáveis geofísicas.

A aquisição de imagens utilizadas para a detecção dos incêndios florestais na Unidade de Conservação do presente estudo, foi feita a partir do *download* do produto MODIS MCD64A1 por meio de um código de execução, na plataforma GEE, correspondente às cenas que recobriam a área no período entre 2010 e 2020. Existem diversos produtos que podem ser gerados a partir do sensor MODIS com o objetivo de quantificar e detectar as mudanças naturais e antrópicas no planeta Terra. O produto de áreas queimadas, MODIS MCD64A1, é disponibilizado pelo Serviço Geológico Americano (USGS, *Science for a Changing World*), tem periodicidade mensal, capaz de identificar e reconhecer áreas queimadas a nível 3 de qualidade de informação por pixel, usa imagens de espectro radiômetro de 500 m, composta com

observações de fogo ativo, pelo MODIS de 1 Km (GIGLIO *et al.*, 2020). As camadas fornecidas no produto MCD64A1 incluem (BENFICA *et al.*, 2020):

- *Burn date* – Data da queimada;
- *Burn Data Uncertainty* - Incerteza da data da queimada;
- *Quality Assurance* – Garantia de qualidade;
- Primeiro e último dia do ano da detecção de alterações causadas pelo fogo.

5.2.5. Análises espaciais e temporais dos dados de incêndios florestais

As imagens do produto MCD64A1 são formadas por uma sobreposição de cenas, com correção de nuvens e refletância elaborado nos *scripts* da plataforma GEE. Os dados foram importados da Plataforma GEE para o sistema de geoprocessamento do software QGIS usando a função “Calculadora de Raster”. Para se obter valores numéricos que indicam a presença ou ausência da ocorrência do fogo na área da APA de Pouso Alto, onde pixels iguais a 0, indicam a não ocorrência do fogo e pixels iguais a 1, indicam a ocorrência do fogo.

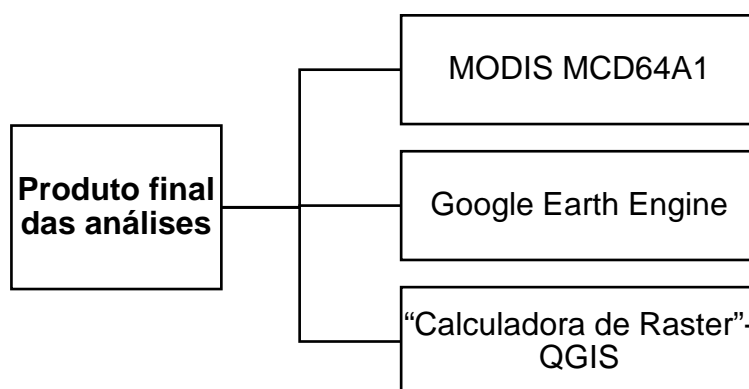


Figura 4 - Fluxo metodológico para estimar a área atingida por fogo entre 2010 e 2020. Fonte: Autoria própria (2022).

Primeiramente, o mosaico do uso e cobertura da terra disponibilizado pelo projeto Mapbiomas para todo o bioma Cerrado foi baixado, assim como o mosaico

contendo os limites das atuais unidades de conservação em formato vetorial (shapefile) disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (2022), a análise temporal (2010 a 2020) das áreas queimadas foi feita a partir dos dados do produto MODIS MCD64A1 por meio de um código de execução, na plataforma GEE. Além disso, foram realizados gráficos com o auxílio do Excel utilizando dados obtidos nos scripts feitos no GEE.

Na sequência, foi selecionada a área correspondente a APA de Pouso Alto no mosaico e recortado da área do mapa usando o software de geoprocessamento QGIS 3.24. No recorte para a área de estudo, foi utilizada a legenda original do uso e cobertura da terra disponibilizada pelo projeto Mapbiomas.

Neste caso, buscou-se estimar as classes de uso e cobertura da terra classificados pelo projeto Mapbiomas mais atingidas pelo fogo. Após a identificação das áreas atingidas por fogo nas respectivas classes de uso e cobertura da terra na APA Pouso Alto entre 2010 e 2020. Esta análise foi conduzida para entender a relação direta e indireta da ocorrência dos incêndios com cada tipo de uso e cobertura da terra.

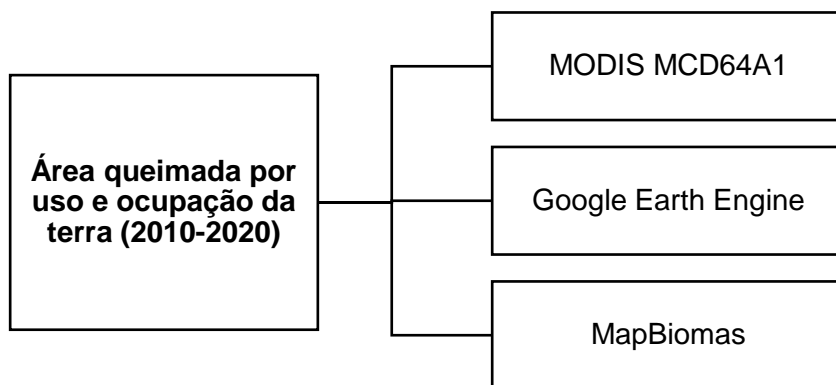


Figura 5 - Fluxo metodológico para estimar a área queimada em cada uso da terra, entre 2010 e 2020. Fonte: Autoria própria (2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.2.1 Dinâmica temporal do fogo na APA Pouso Alto

Um total de 17,535 km² foram atingidos por fogo (queimadas e/ou incêndios florestais) na APA Pouso Alto entre 2010 e 2020, correspondendo a aproximadamente 200% de sua área total. Uma média de 1594± 962 (desvio padrão) km² foram queimados anualmente no período e área de estudo (Figura 6). Em 2013 e 2018 foram detectadas as menores áreas atingidas por fogo e, em 2010 e 2017 foram detectadas as maiores áreas atingida por fogo na área de estudo (Figura 6).

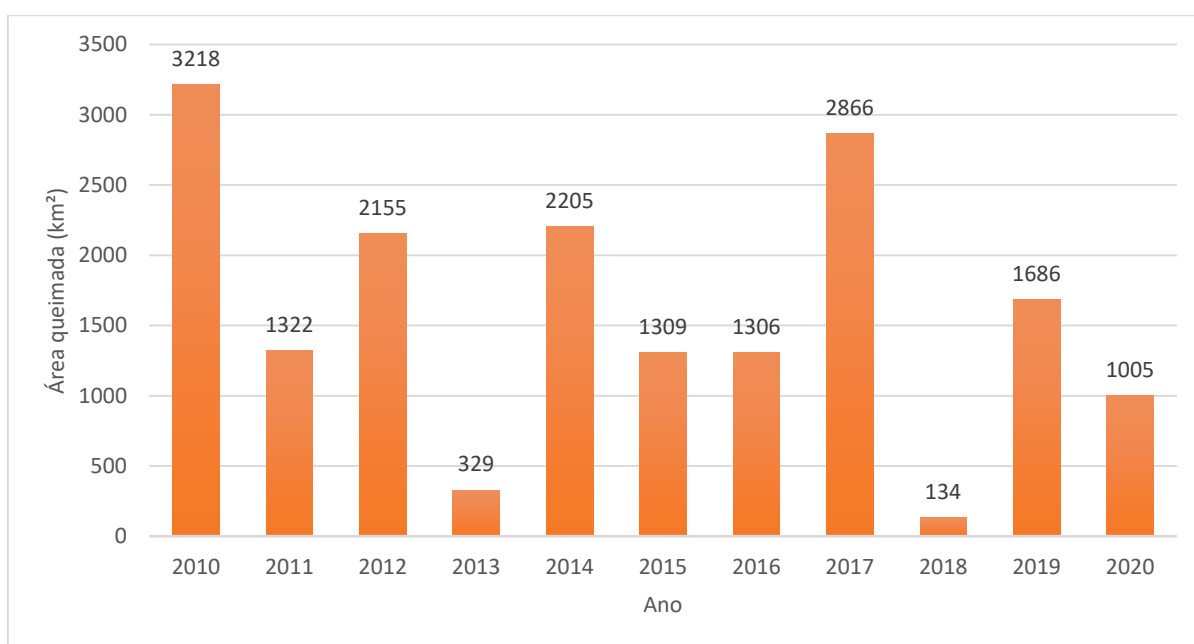


Figura 6 - Área total atingida por fogo anualmente na APA de Pouso Alto, estado de Goiás.

Os anos de maior ocorrência do fogo podem estar relacionados ao longo período de estiagem das chuvas na região e a abertura do processo de ampliação do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) em 2015, que pode ter motivado ações ilegais de proprietários de terras privadas na região a usar o fogo como manifesto contra a ampliação deste Parque, que está inserido dentro da APA de Pouso Alto.

De acordo com Moriyama (2020), os proprietários de terras privadas na região do PNCV, insatisfeitos com o aumento do tamanho do Parque, podem ter facilitado a ocorrência dos incêndios na região durante o período seco. O relatório do ICMBio, destaca a dispersão e a quantidade de focos de queimadas – pelo menos cinco. Para o instituto, o número indica que as ações podem ter sido coordenadas e resultado das

ameaças feitas durante as consultas públicas sobre a ampliação da reserva em 2015. Além disso, alguns desses focos teriam sido iniciados depois dos aceiros – faixas de terra queimadas propositalmente para impedir o avanço do fogo.

Complementarmente e com base nos dados do produto Modis MCD64A1, que datam as áreas queimadas, observou-se que o fogo ocorreu na APA essencialmente durante o período de seca da região (julho a setembro), período em que a umidade e os índices pluviométricos ficam muito baixos, aumentando a quantidade de matéria seca que serve de combustível para o fogo. Em alguns anos, a ocorrência do fogo ficou ainda mais proeminente na região de estudo, em função de condições climatológicas mais favoráveis ao fogo.

Em 2010 e 2017, anos com maior porcentagem da APA de Pouso Alto atingida por fogo foi de 37% e 33%, respectivamente, do total de 872.000 hectares (Figura 7), seguidos por 2012 e 2014, quando aproximadamente 25% da área total da APA foi queimada. É importante observar que apenas dois anos (2013 e 2018) tiveram a porcentagem de área queimada menor que 10% na área e período analisado, que pode estar relacionado ao controle que foi feito de uma forma mais precisa evitando que pequenos incêndios tomem grandes proporções.

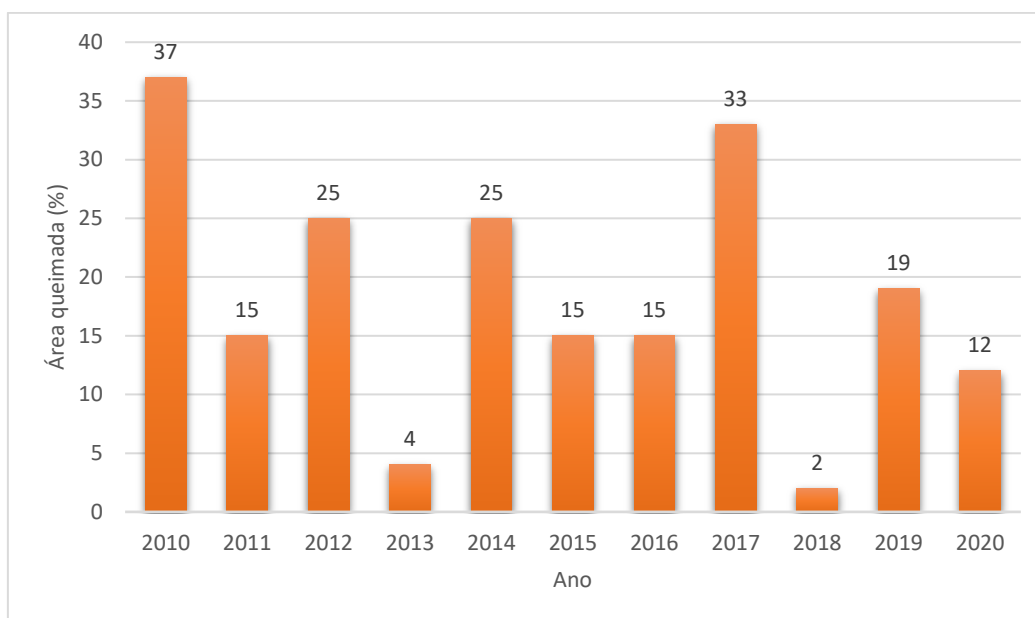


Figura 7 - Porcentagem de área queimada na APA de Pouso Alto entre 2010 e 2020.

As formações savânicas e campestres foram as mais afetadas por incêndios florestais durante o período de estudo (Figura 7), com maiores áreas observadas em 2010 e 2017, quando ocorreram grandes incêndios que consumiram boa parte da APA

de Pouso Alto. Este tipo de formação vegetal é mais aberto o que a deixa mais susceptível à ocorrência do fogo.

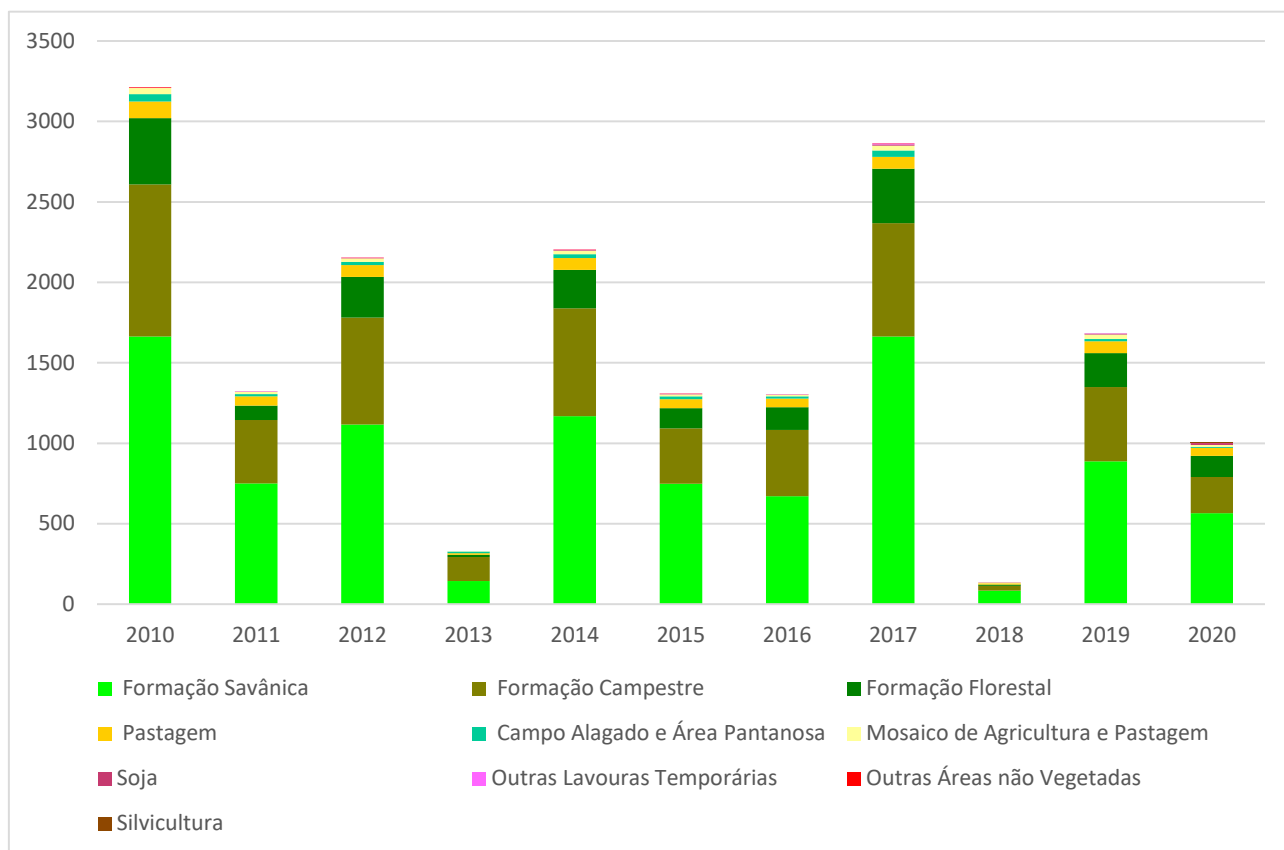


Figura 8 - Área e tipos de vegetação e uso da terra atingidos por fogo na APA Pouso Alto, estado de Goiás, entre 2010 e 2020.

O fogo tem sido associado ao surgimento e à expansão do Cerrado bem como à diversificação de suas espécies vegetais (SIMON et al., 2009). Adicionalmente, o fogo, o solo pobre em nutrientes e a sazonalidade das chuvas, têm ação determinante como mantenedor das diferentes fisionomias presentes no bioma Cerrado (FURLEY, 1999; MYERS, 1936).

A ligação histórica entre o fogo e o Cerrado está relacionada a ocorrências naturais deste fenômeno (SATO; MIRANDA; MAIA, 2010; SIMON et al., 2009). Entretanto, os casos de ocorrência do fogo observadas neste estudo não podem ser atribuídas a causas naturais, uma vez que os incêndios naturais no Cerrado ocorrem no início da estação chuvosa e são causados por queda de raios (RAMOS NETO; PIVELLO, 2000). As ocorrências do fogo aqui identificadas estavam presentes, majoritariamente, durante a estação seca, e que podem ter se alastrado pelas formações vegetais (Figura 8) devido a quantidade de matéria seca disponível nestas

áreas.

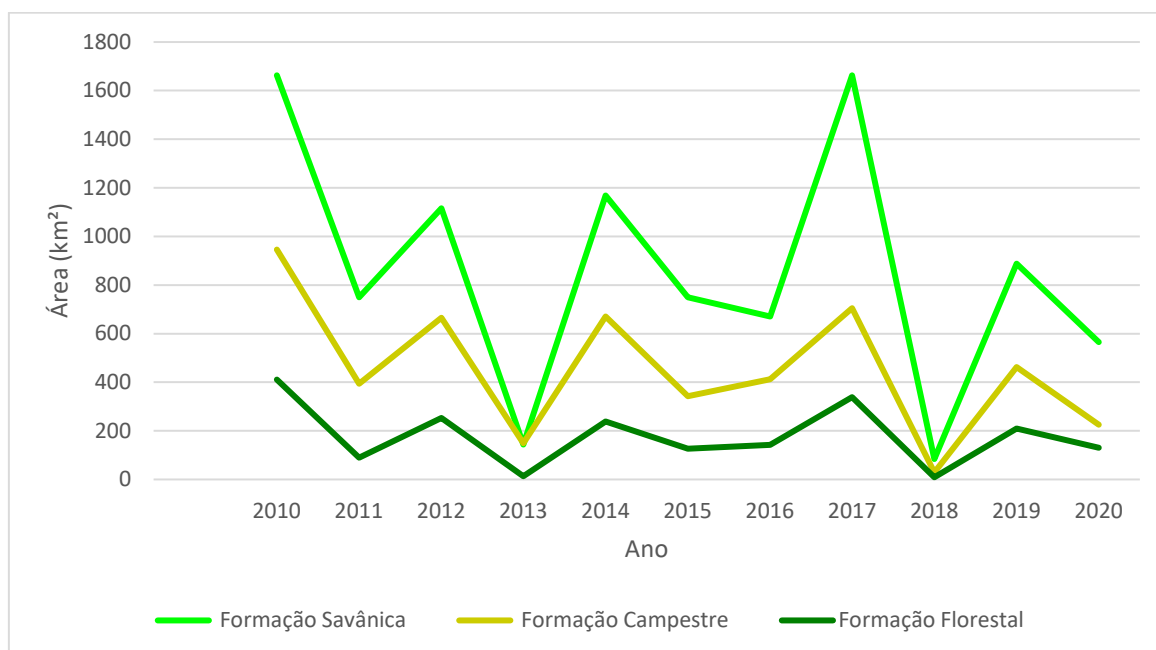


Figura 9 - Formações vegetais nativas presentes na APA de Pouso Alto mais afetadas por fogo entre 2010 e 2020.

O fogo é um elemento de difícil controle que, nas áreas rurais, pode ter origem nas práticas de manejo e uso da terra na agricultura e pastagens, dessa forma, entre os incêndios de causa humana indefinida, provavelmente há muitos com origem nas fazendas do entorno, considerando a prática disseminada do uso do fogo na região para renovação de pastagens, geralmente com frequência bienal em cada propriedade rural (PRINTES & SANTOS-SILVA, 1998).

As queimadas de pastagem poderiam ser evitadas, principalmente nos períodos de seca, que evitaria esses tipos de acidentes de grande proporção com o fogo. As ações de coibir o uso do fogo são necessárias e eficientes na transformação deste hábito rural, que ainda hoje prejudica as florestas brasileiras, junto com ações de educação ambiental para todos unirem esforços em conservar o meio ambiente.

5.2.2 Áreas atingidas por fogo na APA Pouso Alto (2010-2020)

Os resultados deste estudo indicam que as principais cicatrizes do fogo que ocorreram dentro da APA estavam predominantemente próximas ou dentro da área do PNCV. As cicatrizes de fogo também acompanharam o entorno das rodovias da região. Adicionalmente, o fogo tende a ocorrer mais próximo das áreas onde existe maior atividade antrópica, nas áreas urbanas e agropecuária.

Na parte sul de Alto Paraíso de Goiás, onde se encontra uma maior quantidade de terrenos de cultivo, agricultura e pastagem para o gado, encontra-se também a rodovia GO-239; a união desses fatores de atividade humana podem ser a principal causa para os incêndios que assolam essa região. Na parte norte no mapa, o que pode justificar a alta das ocorrências de incêndio são as rodovias de acesso a Cavalcante e Colinas do Sul (Figura 8).

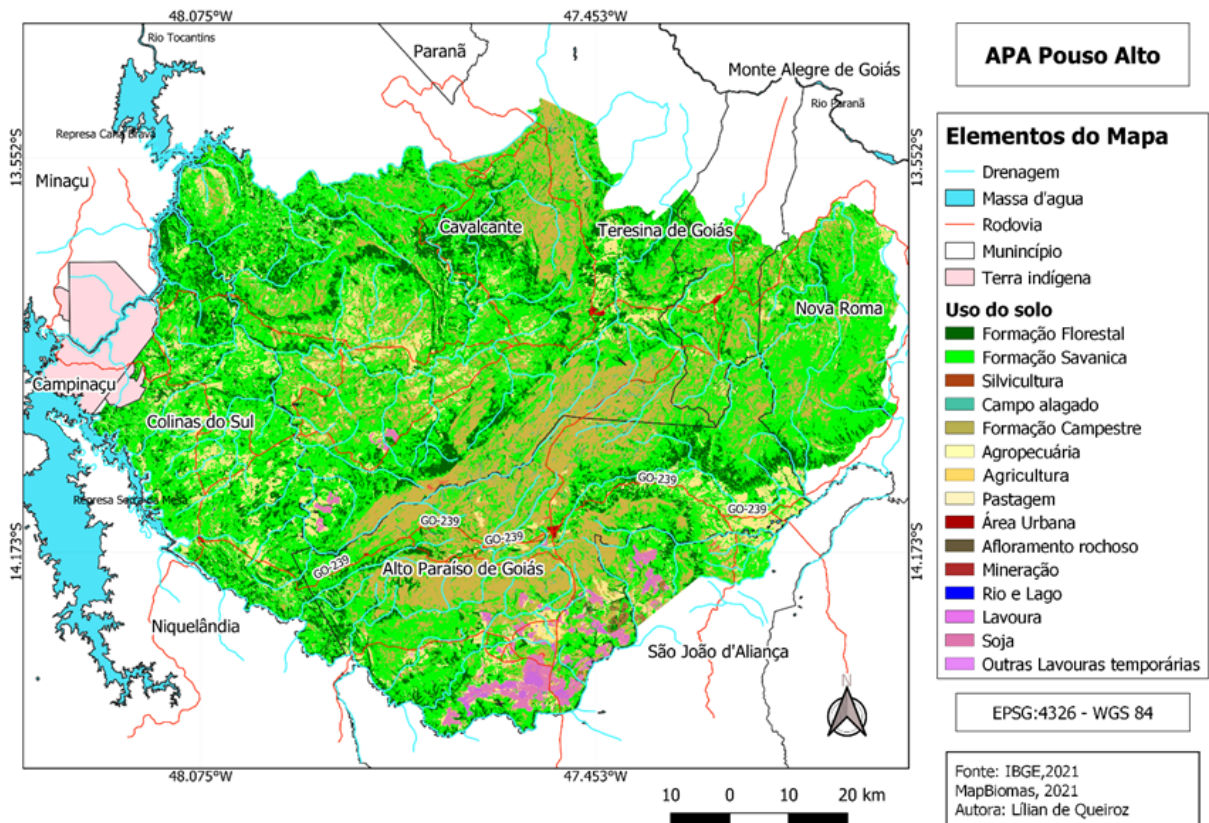


Figura 10 - Mapa de uso e cobertura da terra na região da APA Pouso Alto. Fonte: IBGE (2021) e MapBiomias (2021).

Em todos os anos do estudo (Figura 11), o município de Alto Paraíso de Goiás teve ocorrência de incêndio, sendo que em 2010, 2017 e 2019, os incêndios ocorreram de forma mais ampla em sua área territorial. O município de Colinas do Sul foi mais afetado em 2014, 2016, 2017 e 2019, com ocorrências muito localizadas nas proximidades das rodovias (Figura 10). Em Cavalcante que é o município que recobre boa parte da APA de Pouso Alto, observou-se que apenas em 2020 não houve nenhuma ocorrência de incêndios ou, se ocorreu, não foi detectado pelos sensores MODIS utilizados neste estudo.

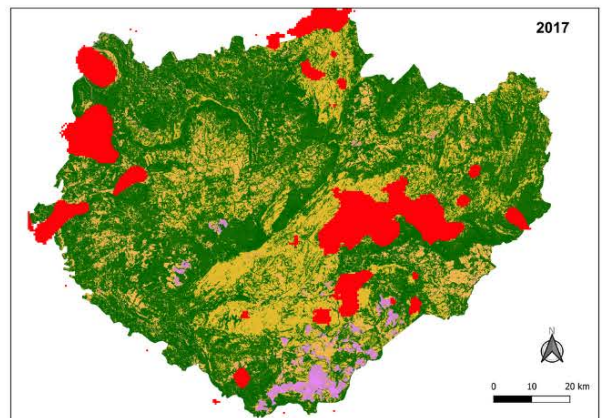
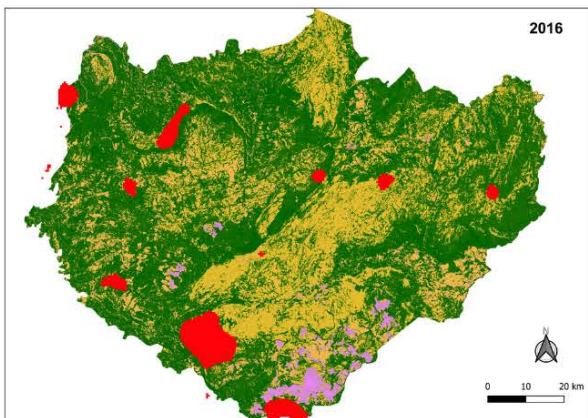
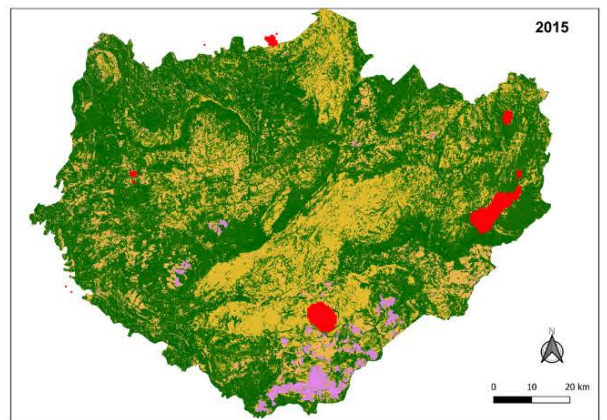
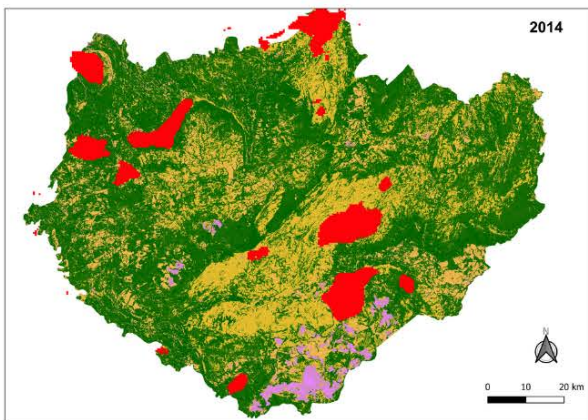
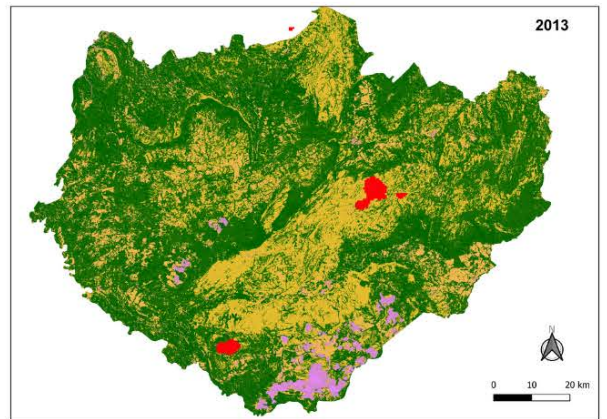
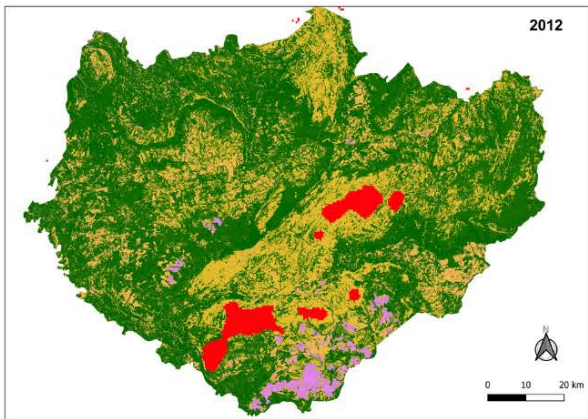
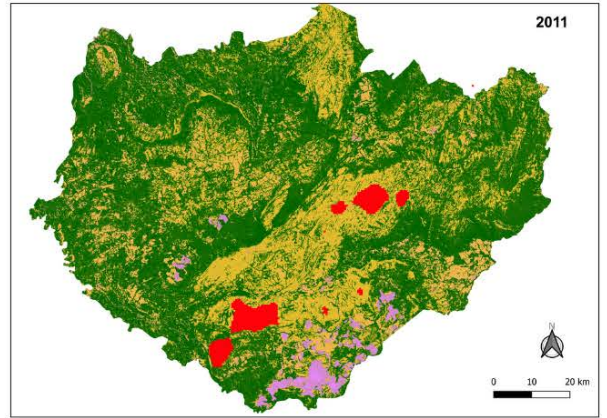
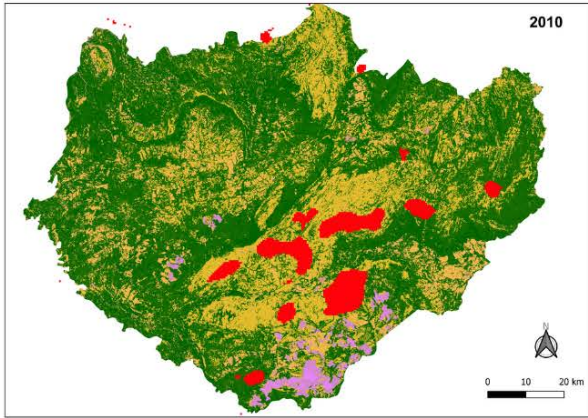
Nos outros anos, ocorreram incêndios nos limites do município de Cavalcante, de forma mais amplas em 2014, 2017 e 2019. O município de Teresina de Goiás,

ocupa uma pequena parcela dentro da APA de Pouso Alto e foi o menos afetado pelo fogo em todos os anos da análise. No município de Nova Roma o fogo afetou as maiores áreas em 2015 e 2017, de acordo com as imagens de cada ano.

Ribeiro e Walter (2010) observaram que é comum a maior ocorrência de fogo em áreas de savanas, pois estas são mais abertas e cobertas por espécies de gramíneas, que acumulam maior quantidade de biomassa e, durante a estação seca, fica em melhores condições para iniciar uma combustão, quando comparada a outros tipos de vegetação. Outro fator a ser analisado é a proximidade da Unidade de Conservação com rodovias e urbanização, além de pastagem e agricultura que, em as áreas mais próximas a atividades antrópicas, existe uma chance maior de ocorrer um incêndio.

O IBRAM (2009) explica que no sistema agrícola é comum a prática de queimar a mata nativa e plantar outras culturas de ciclo curto na área. Esta prática se popularizou entre os grandes fazendeiros, povos indígenas, pequenos e médios agricultores, com a ideia de que a queima das plantas nativas transmitirá nutrientes importantes como o potássio nas plantas.

De fato, no fim do período de queima, a maior parte dos nutrientes deixados nos caules e ramos das plantas sai com a fumaça e é levada pelas primeiras chuvas. Com efeito, isso causa a degradação do solo ao longo do tempo. As pastagens também são consideradas uma das principais causas de incêndios florestais, pois queima-se pastagens para consumo da rebrota pelo gado. A área queimada pode ser pastagem plantada, quanto uma área nativa (IBRAM, 2009).



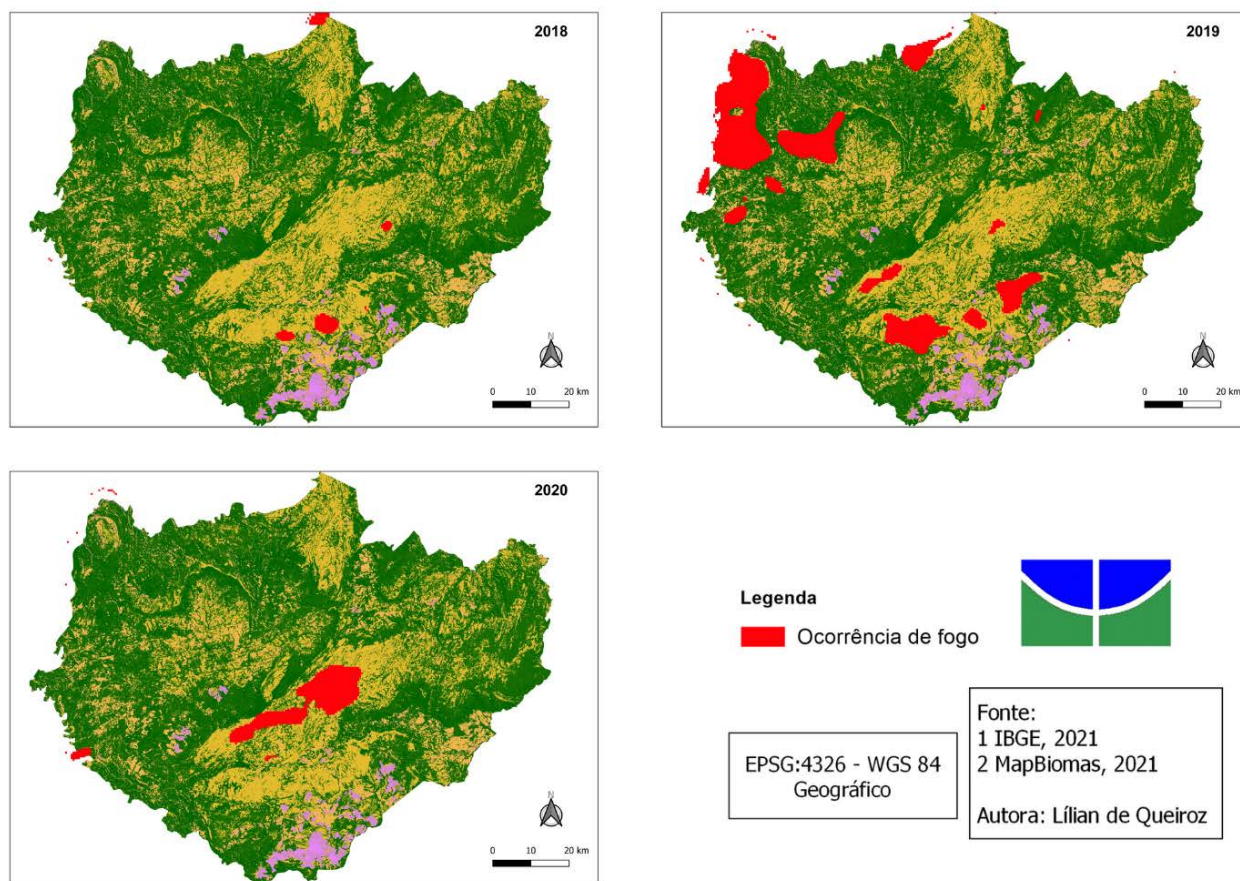


Figura 11 - Ocorrência de fogo entre 2010 e 2020 na APA de Pouso Alto - GO. Fonte: IBGE (2021) e MapBiomas (2021).

Com o início da implementação do plano de manejo da APA Pouso Alto, era esperado que houvesse um controle maior na APA em relação a sua conservação que é muito afetada pelos incêndios. Entretanto, observou-se que após o início da implementação do plano de manejo, os incêndios se tornaram ainda maiores, como foi observado nos anos de 2017, 2019 e 2020. Isto indica que outras externalidades, como fatores climáticos, políticos e socioeconômicos, podem ter afetado a ocorrência do fogo na região de estudo e requer pesquisas mais específicas para identificar as causas do fogo.

Por isso, é necessário que os órgãos competentes direcionem maiores esforços na fiscalização da área e na educação ambiental da sociedade como um todo em relação à preservação do meio ambiente. E deve ser feita com ênfase, nos proprietários rurais que ainda utilizam do fogo como ferramenta de manejo, pois existem formas mais seguras e menos danosas para realização dessa prática.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o uso de dados de sensores remotos e ferramentas de geoprocessamento, foi possível mapear os incêndios ocorridos na APA de Pouso Alto entre 2010 e 2020, incluindo a tipificação do uso e cobertura da terra atingido por fogo. Contudo, para um melhor refinamento do mapeamento, em estudos posteriores, recomenda-se ampliar a temporalidade do estudo e o número de imagens de satélites na análise, para possibilitar análises intra e interanuais.

Os incêndios no Cerrado consistem em um problema ambiental recorrente no período de estiagem das chuvas na maioria dos anos e biomas brasileiros. Os resultados deste estudo indicam que as áreas mais atingidas por fogo estão muito próximas de regiões com alguma ação antrópica. Houve um aumento substancial na ocorrência do fogo em 2010 e 2017, em comparação aos demais anos analisados. Tal comportamento do fogo pode ter sido influenciado por externalidades como fatores climáticos e também por ações de pessoas contrárias a implementação do plano de manejo e do aumento da área do PNCV, que está inserido dentro da APA Pouso Alto, no estado de Goiás. Em outros anos não foi observado um aumento substantivo da ocorrência do fogo, sem tendências significativas na base de dados do fogo na área e período de estudo.

O estudo indicou uma maior incidência de fogo nas áreas de vegetação natural, como as formações savânicas e campestres. Isto pode estar relacionado à prática do uso do fogo de forma controlada na agricultura e pecuária, dentro dos limites das propriedades privadas. Fora dos limites das propriedades privadas, o controle do fogo fica prejudicado, pois depende das ações dos órgãos públicos responsáveis pelas unidades de conservação ambiental. Desta forma, com algumas situações favoráveis, como vento, clima seco e oferta de material combustível, os incêndios podem tomar grandes proporções. Na área afetada por fogo na APA de Pouso Alto, observou-se que o fogo ocorre, em sua maioria, em regiões de vegetação nativa e na parte mais próxima das rodovias, principalmente a GO-239, que é adjacente ao PNCV e que pode ter sido afetado pela proximidade das propriedades agropecuárias.

Em relação à gestão dos incêndios na região, o planejamento e atuação dos órgãos competentes pode ser direcionado por mapas que indicam as áreas de maior ocorrência de fogo e que seriam de grande importância para sua fiscalização e o

desenvolvimento de ações preventivas. Ressalta-se que há a necessidade em dedicar mais esforços por parte dos órgãos fiscalizadores da área, em esforço conjunto com a comunidade para promover a educação ambiental e prevenção de incêndios florestais na região. A recorrência do fogo pode estar comprometendo a riqueza de espécies que não conseguem ser resilientes na mesma intensidade dos incêndios. As Unidades de Conservação necessitam de maior visibilidade dentro da gestão pública e no contexto social local e regional, pois a conservação desses ambientes é indispensável para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. B.; PÉREZ-CABELLO, F. Multiple remote sensing data sources to assess spatio temporal patterns of fire incidence over Campos Amazônicos Savanna Vegetation Enclave (Brazilian Amazon). **Science of the Total Environment, Amsterdam**, v. 601-602, p. 142-158, maio - 2017

BATISTA, A.C. **Deteccão de incêndios florestais por satélites**. FLORESTA (2),237-241, Curitiba, Pr, Maio/Agosto, 2004.

BENFICA, N.S.; SILVA; D.P.; FIGUEIREDO; R.M.; & BRUNOW, J.C; **Validação do Produto de Área Queimada MCD64A1 de Resolução Moderada**. Braz. J. of Develop. Curitiba, v. 6, n. 11, p.91164-91171, nov. 2020.

BOND, William J.; KEELEY, Jon E. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 7, p. 387-394, 2005.

BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (Ed.). **Global warming and other eco-myths**. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA, 2002.

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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: Acessado em: 10 de nov. de 2021.

Centro Tecnológico de Engenharia (CTE) - **Plano de Manejo da APA de Pouso Alto**—Goiânia, GO: CTE, 2016.

CHEN, D.; SHAMS, S.; CARMONA-MORENO, C.; Leone, A. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. **Journal of Hydro-Environment Research**, v. 4, n. 3, p. 253-264, 2010. <<https://doi.org/10.1016/j.jher>> Acesso em:08 dez. de 2021

CÔRTE, D. A. de A. **Planejamento e gestão de APAs: enfoque institucional**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1997.

COSTA, Eugênio P. et al. Incêndios florestais no entorno de Unidades de Conservação-estudo de caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 195-206, 2009.

COUTINHO, L. M. **Fire in ecology of Brazilian Cerrado**. In: Goldammer, J. G. (ed.). Fire in the tropical biota— ecosystem processes and global challenges. Berlin: Springer, 1990.

Embrapa Cerrados. Disponível em: <<https://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FÉLIX, F.; LOURENÇO, L. **O tempo de resposta do ataque inicial a incêndios florestais nos espaços mais sensíveis de Portugal**. O exemplo prático da Serra da Lousã. *Territorium*, v. 24, p. 187-211, 2017. DOI: 10.14195/1647-7723_24_14

FERREIRA, L. C. G.; Almeida, M.G. **Usos e Conflitos na APA do Pouso Alto (GO): Uma Abordagem sobre a Percepção de Atores Locais de Colinas do Sul e Cavalcante.** Ateliê Geográfico (UFG), v. 8, p. 215-2030, 2014

FIEDLER, N. C., MERLO, D. A., & MEDEIROS, M. B. D. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, 16, 153-161. 2006.

Fundação Biodiversitas. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção.** Belo Horizonte, Brasil. 2003. Disponível em <<http://www.biodiversitas.org.br/>> Acessado em: 22 de nov. de 2021.

FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES. Disponível em: < www.palmars.gov.br>. Acessado em: 02 de nov. de 2021.

FURLEY, P. A. A natureza e a diversidade da vegetação de savana neotropical, com particular referência aos cerrados brasileiros. **Ecologia e Biogeografia Global**, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.

GIGLIO, Louis; BOSSETTI, Luigi; ROY, David; HOFFMANN, Anja A.; HUMBER, Michael; HALL, Joanne V. **Collection 6 MODIS Burned Area Product User's Guide.** 1.3 Maryland: Nasa, 2020. 34 p.

HILTON-TAYLOR, C. IUCN red list of threatened species. Species Survival Commission (SSC), IUCN – **The World Conservation Union**, Cambridge, Reino Unido e Gland, Suíça. 2004. Disponível em: < <http://www.redlist.org> > Acessado em: 10 de dez. de 2021.

HOFFMANN, W.A. & A.G. MOREIRA. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna. pp. 159-177. **Columbia University Press**, Nova York. 2002.

IBAMA. **Relatório de Ocorrência de Incêndios Florestais.** Documento Técnico. PREVFOGO, (2002). s.p

IBRAM, **Incêndios Florestais: Causas, Consequências e Como Evitar**, 2009.

ICMBio, **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.** Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/parnachapadadosveadeiros/>> Acesso em: 25 de mar.de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PRODES – **Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro.** Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>. Acesso em: 03 dez. 2021.

JUSTICE, C. O. et al. The MODIS fire products. **Remote sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 244-262, 2002.

KLINK, C.A. & A.G. MOREIRA. 2002. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna. pp. 69-88. **Columbia University Press**, New York.

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

KRUG, T., H. FIGUEIREDO, E. SANO, C. ALMEIDA, J. SANTOS, H.S. MIRANDA, N. SATO & S. ANDRADE. Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado não antrópico utilizando dados orbitais. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – relatórios de referência. **Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT)**, Brasília. 2002.

LEIDIG, M.; TEEUW, R. Free software: a review, in the context of disaster management. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 42, p. 49-56, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jag>. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

LIMA, G. S.; TORRES, F. T. P.; COSTA, A. G.; FÉLIX, G. A.; SILVA JÚNIOR, M. R. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018. DOI: 10.5380/rf.v48i1.53550

MAGALHÃES, S. R. de; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A. Avaliação do Combate aos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Floram**, v. 18, n. 1, p. 80-86, 2011. DOI: 10.4322/floram. 2011.025

MAGALHÃES, S. R. et al. Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no nordeste de Portugal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 457-469, abr.-jun. 2017.

MAPBIOMAS (Brasil). **Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomias**. 2019. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Códigos_das_classes_da_legenda_e_paleta_de_cores.pdf.

MAPBIOMAS (Brasil). **Estatísticas**. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em: 26 de dez. de 2021.

MATOS, E. F. Prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação. In: fórum de prevenção e combate aos incêndios florestais do DF, 6 2004, Brasília. **Anais[...]** Brasília: SEMARH, 2004. p. 19-30.

MEDEIROS, M. B. Manejo de fogo em unidades de conservação do cerrado. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, Brasília, v. 10, n. 1, p. 76-89, 2002.

MEIÇO, C. A. **Diagnóstico Socioeconômico da APA do Pouso Alto**: Chapada dos Veadeiros - Goiás. Brasília, 2005.

MIRANDA, H.S. et al. **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, il. color. 29 cm, 144p, 2010

MMA – MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: < www.mma.gov.br > Acesso em: 10 de dez. de 2021.

MORIYAMA, V. Chapada dos Veadeiros – antes e depois do maior incêndio de sua história. **National Geographic**. 2018. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2018/04/parque-nacional-chapada-dos-veadeiros-incendio-florestal-cerrado>.> Acesso em: 10 de nov. de 2021.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858.

NEPSTAD, D. C. A.; MOREIRA A. A.; ALENCAR. **Flames in the rain forest:origins, impacts and alternatives to amazonian fires.** Brasília: UnB, 1999.

PARIZOTTO, W. **O Controle Dos Incêndios Florestais Pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina:** diagnóstico e sugestões para o seu aprimoramento. Curitiba: UFPR, 2006. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PIVELLO, Valéria R. **Invasões biológicas no cerrado brasileiro:** efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia. info*, v. 33, 2011.

POVOS INDIGENAS NO BRASIL. Disponível em: <<http://pib.socioambiental.org/pt/povo/ava-canoeiro>. > Acesso em: 11 de novembro de 2021.

PRUDENTE, T. D.; ROSA, R. Detecção de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 35, p. 209-221, 2010

QGIS, Quantum GIS. Versão QGIS 3.24, Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html > Acesso em: 20 de fev de 2022.

RAMALHO, A. H. C.; SILVA, E. F. da; SILVA, J. P. M.; FIEDLER, N. C.; MAFFIOLETTI, F. D.; BIAZATTI, L. D.; MOREIRA, T. R.; JUVANHOL, R. S.; SANTOS, A. R. dos. Allocation of water reservoirs to fight forest fires according to the risk of occurrence. **Journal of Environmental Management**, v. 296, p. 113122, 2021b. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113122

RAMOS NETO, M. B; PIVELLO V. R. **Lightning fires in a Brazilian savana national park:** Rethinking management strategies. *Envirion. Manage.* V. 26, p. 675-684, 2000.

RIBEIRO, J.F, & WALTER, B.M.T. **Diversidade fitofisionomia e o papel do fogo no bioma Cerrado**, IBAMA, 2010.

RIBEIRO, J.F; WALTER, B.M. **Fitofissionomias do Bioma Cerrado.** In: ALMEIDA, S.P. E SANO S.M (eds.). *Cerrado Ambiente e Flora.* CPAC-EMBRAPA, Brasília p.89-166, 1998.

SATO, M. N. **Efeito a longo prazo de queimadas prescritas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do Cerrado sensu stricto.** 2003. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S.; MAIA, J. M. F. **O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo.** In: MIRANDA, H. S. (Ed.). *Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo.* IBAMA/MMA, 2010. p. 77-91.

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 Sciences*, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009.

SNUC. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Lei no 9.985**, de 18 de julho de 2000.

Tansey, K., J.M. Grégoire, D. Stroppiana, A. Sousa, J. Silva, J.M.C. Pereira, L. Boschetti, M. Maggi, P.A. Brivio, R. Fraser, S. Flasse, D. Ershov, E. Binaghi, D. Graetz & P. Peduzzi. Vegetation burning in the year 2000: global burned area estimates from **SPOT VEGETATION** data. *Journal of Geophysical Research* 109, D14S03, 2004. doi:10.1029/2003JD003589

TSN. TRANSMISSORA SUDESTE NORDESTE S/A. **Plano de Manejo Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. Encarte I e II. 2009. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_chapada_dos_veadeiros_1.pdf> Acesso em 20 out de. 2021.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. Disponível em: Acessado em: 20 de dez. de 2021.

VICENTINI, K. R. C. F. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia-GO**. 1993. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1993.

ZARDINI, F. P. F., DE SOUZA, J. C., & DE AQUINO MARTINS, P. T. (2016). **Meio físico e patrimonialização de áreas: elementos para a conservação do bioma cerrado no norte Goiano**. *Acta Geográfica*,10(22), 1-16.

PRINTES, R. C.; SANTOS-SILVA, J. A. e MATTA-MACHADO, R. **A invasão do capim-meloso (*Melinis minutiflora*, Poaceae) no PNSC (MG): causas do seu sucesso e sugestões para manejo**. Belo Horizonte: UFMG. Relatório Técnico, 1998.