DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL CHAPADA DOS VEADEIROS

ALÉXIA MORAIS BELMONT

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

Dinâmica de uso e ocupação da terra e incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros

Discente: Aléxia Morais Belmont, Matrícula: 13/0042447
Linha de pesquisa: Conservação de Recursos Naturais.
Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

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

Brasília, DF

Julho de 2018

Universidade De Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

Dinâmica de uso e ocupação da terra e incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros

Estudante: Aléxia Morais Belmont

Matrícula: 13/0042447

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido T. Matricardi

Menção: SS

Prof. Dr. Eraldo Aparecido T. Matricardi
Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Ricardo de O. Gaspar

Prof. Dr. Ricardo Oliveira Gaspar
Universidade de Brasília - UnB
Membro da Banca

Mariana Soares Moretti

Mariana Soares Moretti
Doutoranda
Universidade de Brasília - UnB
Membro da Banca

Brasília, DF
Julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais Alexandre e Shirley e ao meu irmão Arthur por estarem comigo em todos os momentos, sempre me dando força e equilíbrio para seguir, em especial agradeço a minha mãe, sem ela nada disso seria possível, não há palavras que possam definir minha gratidão.

Agradeço aos meus amigos de curso, principalmente a Annie, Bruna, Djane, Gabrielle, Glendo, Nátalia, Santiago e Rogério, por todos os momentos de felicidades, desesperos e superações entre provas e trabalhos, e companheirismo que passamos nesses anos de graduação, vocês tornaram essa jornada ainda mais gostosa de ser vivida. Guardarei essas amizades para a vida.

Agradeço também aos meus supervisores de estágios, e a todos os colegas, por acrescentarem a mim experiências, aprendizados e profissionalismo, agradeço em especial ao Éder, que conheci no Serviço Florestal Brasileiro, que sempre mostrou disponibilidade de ajudar, inclusive com esse trabalho de conclusão de curso.

Ao meu orientador Eraldo, uma pessoa fantástica, sempre paciente, atencioso, disposto a ajudar e a transferir seus conhecimentos, muito obrigada por fazer parte dessa conquista!

Agradeço a Universidade de Brasília e ao Departamento de Engenharia Florestal pelas experiências, pelo apoio e pelas oportunidades a mim cedidas.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte disso tudo e contribuíram de alguma forma durante essa caminhada e evolução.

Obrigada!

RESUMO

As Unidades de Conservação são essenciais frente a forte pressão antrópica que o Cerrado tem sofrido nas últimas décadas. A crescente expansão urbana e agropecuária está alterando substancialmente a paisagem natural, tornando as UC verdadeiras ilhas de proteção da biodiversidade, dessa forma os impactos causados pelos desmatamentos e incêndios florestais dentro dessas áreas são ainda mais graves para a conservação do bioma. A presente pesquisa buscou entender a dinâmica espaço-temporal do uso da terra e das áreas atingidas por fogo no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (PNCV), localizado no estado de Goiás, no período de 2002 a 2017. Foram considerados os limites definidos originalmente em 1961 e o limite alterado em 2017 e a sua zona de amortecimento de 10 km. Foram utilizados os dados de uso e cobertura da terra do Projeto MapBiomas e os dados do produto MODIS MCD64A1 para estimar as áreas atingidas por fogo. Com base nos resultados deste estudo a vegetação campestre ocupa a maior parte da área de estudo, abrangendo 45,5% da área total de estudo, seguida pela formação florestal e pela agricultura ou pastagem ocupando 36,2% e 9,0%, respectivamente. As áreas mais atingidas por fogo foram observadas em 2007 e 2010, predominantemente sobre vegetação nativa localizada dentro dos limites recentemente ampliados do PNCV. Os fatores que influenciaram significativamente a 99% de probabilidade a ocorrência de fogo de acordo com o modelo probabilístico *Probit*, foram: a altitude, a inclinação do relevo, a variação em longitude e latitude, a distância de estradas, a distância dos centros urbanos, e fatores específicos ocorridos em 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013 e 2016. Os resultados desta pesquisa podem apoiar a definição de estratégias de políticas públicas para reduzir os impactos causados pela pressão antrópica no PNCV e em seu entorno.

Palavras-chave: Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. Incêndios florestais. Uso e cobertura da terra. *Probit.*

ABSTRACT

Conservation Units are essential due to the strong anthropic pressure that the Cerrado has suffered in the last decades. Increasing urban and agricultural expansion is substantially altering the natural landscape, making CU truly islands of biodiversity protection, so the impacts caused by deforestation and forest fires within these areas are even more serious for the conservation of the biome. The present research aimed to understand the spatial-temporal dynamics of land use and fire-affected areas in the Chapada dos Veadeiros National Park (CVNP), located in the state of Goiás, from 2002 to 2017. The limits defined originally in 1961 and the modified limit in 2017 and its buffer zone of 10 km. The land use and land cover data from the MapBiomas Project and the MODIS MCD64A1 product data were used to estimate the areas affected by fire. Based on the results of this study, the Grassland vegetation occupies most of the study area, covering 45.5%, followed by forest formation and agriculture or pasture occupying 36.2% and 9.0%, respectively. The areas most affected by fire were observed in 2007 and 2010, predominantly on native vegetation located within the recently expanded limits of the CVNP. The factors that significantly influenced the probability of occurrence of fire according to the Probit probabilistic model were: altitude, slope of relief, longitude and latitude variation, distance of roads, distance from urban centers, and factors. The results of this research may support the definition of public policy strategies to reduce the impacts caused by anthropogenic pressure in the CVNP and in it around the park.

Keywords: Chapada dos Veadeiros National Park. Forest fires. Use and land cover. Probit.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

2. PROBLEMAS E QUESTÕES DA PESQUISA 12

3. OBJETIVOS 13

3.1 Objetivo Geral 13

3.2 Objetivos Específicos 13

4. REVISÃO DA LITERATURA 13

4.1 O Cerrado 13

4.2 Unidades de Conservação e sua importância no Cerrado. 15

4.2.1 Uso do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas). 17

4.2.2 Coleção 2.3 do MapBiomas para análise do uso e cobertura do PARNA Chapada dos Veadeiros 18

4.3 Incêndios Florestais no Cerrado. 19

4.3.1 Incêndios em Unidades de Conservação 20

4.3.2 Variáveis que exercem efeito sobre os incêndios florestais. 21

4.4. Modelo probabilístico e espacial de ocorrência de incêndios. 22

4.5 Sensoriamento Remoto para o monitoramento de incêndios. 23

4.5.1 Sensor MODIS. 24

4.5.2 Dados do produto MODIS MCD64A1 para avaliação de incêndios florestais. 26

5. MATERIAL E MÉTODOS 27

5.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo 27

5.2 Etapas da pesquisa e base de dados 29

5.2.1 Etapas da pesquisa 29

5.2.2 Processamento dos dados do MapBiomas. 29

5.2.3 Processamentos das imagens do produto MODIS MCD64A1 30

5.2.4 Modelo probabilístico e espacial de ocorrência de incêndios 31

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 35

6.1 Análise temporal do uso e cobertura da terra a partir dos dados do MapBiomas (2002 e 2016) 35

6.2 Incêndios da série temporal (2002 a 2017). 38

6.3 Recorrência de incêndios florestais na área de estudo. 42

6.4 Aspectos que interferem na incidência de incêndios florestais. 45

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 50

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo (Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e uma zona de 10 km de amortecimento em seu entorno). 27

Figura 2. Representação das variáveis espacialmente explícitas relacionadas com a ocorrência e propagação do fogo, utilizadas na análise probabilística espacial. (A) áreas queimadas em cada ano no período de análise; (B) Aspecto do relevo; (C) Altitude; (D) Inclinação do relevo; (E) Distância de estradas; (F) Distância de cidades. 33

Figura 3. Sistema de amostragem sistemática-aleatória adotado numa grade de 3 x 3 km sobre uma das variáveis (Inclinação do relevo) relacionadas com a ocorrência e propagação do fogo no PNCV. 34

Figura 4. Uso e cobertura da terra em 2002 dentro do PNCV (limites definidos em 1961 e 2017) e no seu entorno (adaptado de MapBiomas, 2018). 37

Figura 5. Uso e cobertura da terra em 2016 dentro do PNCV (limites definidos em 1961 e 2017) e no seu entorno (adaptado de MapBiomas, 2018). 37

Figura 6. Porcentagem de área queimada na área de estudo (PNCV e seu entorno) entre 2002 e 2017. 39

Figura 7. Porcentagem de áreas atingidas por fogo dentro dos limites do PNCV de 1961 e 2017. 40

Figura 8. Mapeamento de incêndios realizado pelo produto MODIS para o período de 2002 a 2017. 41

Figura 9. Distribuição espacial da recorrência dos incêndios florestais na área de estudo entre 2002 e 2017. 44

Figura 10. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável altitude... 46

Figura 11. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável distância de cidades. 47
Figura 12. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável inclinação do relevo. 48
Figura 13. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável distância de estradas. 49
Figura 14. Probabilidade da ocorrência de incêndios entre 2002 e 2017 (2002 variável omitida) estimada utilizando o modelo Probit para a área de estudo. 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Alguns produtos fornecidos pelo sensor MODIS. 24
Tabela 2. Especificações dos níveis de tratamento dos dados MODIS. 25
Tabela 3. Códigos e descrição da legenda do uso e cobertura da terra na Coleção 2.3 do projeto MapBiomas para a área do presente estudo. 30
Tabela 4. Uso e cobertura da terra do PNCV em 2002 e 2016. 36
Tabela 5. Recorrência dos incêndios florestais ocorridos entre 2002 e 2017 no entorno do PNCV. 42
Tabela 6. Recorrência dos incêndios florestais ocorridos entre 2002 e 2017 dentro dos limites territoriais atuais (2017) do PNCV. 42
Tabela 7. Recorrência dos incêndios florestais entre 2002 e 2017 dentro dos limites territoriais do PNCV definidos em 1961. 43
Tabela 8. Resultados da regressão Probit. 45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
CDB	Conservação Sobre Diversidade Biológica
CECPP	Projeto Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pirineus
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
ICMBIO	Instituto Chico Mendes da Biodiversidade
LZW	*Lempel-Ziv-Welch*
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MODIS	*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*
PARNA	Parque Nacional
PMDBB	Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite
PNCV	Parque Nacional Chapada dos Veadeiros
RBC	Reserva da Biosfera do Cerrado
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
TOA	Topo de atmosfera
UC	Unidade de Conservação
UHE	Usinas Hidrelétricas
USGS	*United States Geological Survey*

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado apresenta elevada riqueza de espécies da flora e da fauna e alto nível de endemismo (SILVA; BATES, 2002; WALTER, 2006). É considerada a mais extensa, mais rica e talvez a mais ameaçada savana tropical do planeta (SILVA; BATES, 2002), encontrando-se pouco valorizada em termos de conservação, mesmo com sua comprovada importância socioambiental (CARVALHO et al., 2008). Diante disso, o Cerrado foi identificado como um "*hot spot*" da biodiversidade (MYERS et al., 2000; SILVA; BATES, 2002).

Sano et al., (2010) estimaram que as remanescentes de vegetação natural cobriam 61% do bioma em 2002, sendo que em 2010 este percentual foi reduzido para 47% (BEUCHLE et al., 2015), substituída por diferentes paisagens antrópicas, predominantemente por pastagens plantadas, monoculturas e áreas urbanas (UNESCO, 2000). Estudos baseados em informações de Sensoriamento Remoto, apontam as atividades relacionadas a mineração, hidrelétricas e carvoarias como grandes responsáveis pela conversão das áreas naturais do bioma (MACHADO et al., 2004).

Outro fator de degradação da vegetação do cerrado é a ação do fogo. Em geral, a vegetação campestre e savânica apresentam características e adaptações, fisiológicas e morfológicas, à ocorrência desse fenômeno (SATO et al., 2010). Entretanto, essas adaptações estão relacionadas a um regime de queima natural que foi modificado substancialmente com o início da ocupação humana na região (SATO et al., 2010), resultando no aumento da frequência e alteração da época de ocorrência das queimadas naturais (PIVELLO, 2009), podendo levar a incêndios desastrosos e de difícil controle (COUTINHO, 2002).

É fundamental para a conservação da biodiversidade que se estabeleçam áreas protegidas (BENSUSAN, 2006). Esses espaços são territorialmente demarcados tendo como principal função a conservação e/ou a preservação de recursos, naturais e culturais, a elas associados (MEDEIROS, 2003). Para que sejam efetivas, Bensusan (2006) destaca que se deve considerar a representatividade dos ecossistemas abrangidos, a extensão, o uso da terra, e uso dos recursos naturais, dentro da área e nas zonas de amortecimento, além da proteção dos processos ecológicos e sua conectividade a outras áreas protegidas.

Porém, sabe-se que mesmo com empenho das instituições públicas responsáveis em identificar áreas prioritárias para a conservação e iniciar um processo de organização do

conhecimento sobre a biodiversidade do bioma, ainda não há a capacidade de conter a tendência atual do desaparecimento do Cerrado (MACHADO et al., 2004). Projeções mais pessimistas preveem que "o bioma deverá ser totalmente destruído até 2030, caso as tendências de ocupação continuem causando uma perda anual de 2,2 milhões de hectares de vegetação nativa" (MACHADO et al., 2004).

Dessa forma, o levantamento de áreas com vegetação remanescente, a identificação das classes de uso do solo e a verificação da ocorrência de incêndios ao longo do tempo, podem propiciar a implementação de programas de desenvolvimento sustentáveis, aliados à preservação, à proteção, ao crescimento econômico e à gestão das unidades de conservação (ROSA, 1990). Garcia (2014) enfatiza que os instrumentos de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas se apresentam como alternativas para gerar informações de suporte às análises mais completas da área de interesse.

Diante do exposto, o propósito deste estudo foi avaliar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e ocorrência dos incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros e em seu entorno, utilizando dados do projeto MapBiomas e dados do produto MODIS MCD64A1 para fornecer informações que contribuam para a definição de estratégias de conservação e manejo, e para consolidar a importância da ampliação do PNCV.

2. PROBLEMAS E QUESTÕES DA PESQUISA

O crescimento da fronteira agrícola e o crescimento urbano tem causado forte pressão sobre os recursos naturais e contribuído para o aumento do desmatamento e dos incêndios florestais no bioma Cerrado. Nesse sentido, Unidades de Conservação (UC) são fundamentais para a preservação da biodiversidade e para a manutenção dos serviços ambientais prestados a sociedade. O Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (PNCV) está inserido em áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado. A criação do PNCV e a sua ampliação têm sido importantes para a formação de corredores ecológicos, para a manutenção da fauna e da flora, e para a preservação de suas paisagens típicas. Entretanto, o PNCV está inserido numa área de forte interesse agrícola, agropecuário, e até mesmo hidrelétrico, que ameaçam o equilíbrio, a conservação e integridade desta UC. Os incêndios florestais recorrentes e o desmatamento consistem numa das principais ameaças à integridade ambiental do PNCV. Diante desta

problemática as principais questões que nortearam esta pesquisa incluem: Qual a dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação da terra e dos incêndios florestais no PNCV? Onde ocorreram e qual a frequência dos incêndios florestais? Porque ocorreram neste local e não em outros lugares?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve por objetivo entender a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e ocorrência dos incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros e em seu entorno (zona de amortecimento) entre 2002 e 2017. A partir desses resultados, espera-se subsidiar os gestores da UC, quanto ao manejo e conservação e fornecer informações concretas para a tomada de decisões sobre as questões conservacionistas, e fortalecer a importância da ampliação do PNCV realizada em 2017.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar e quantificar as áreas de uso e cobertura da terra em diferentes situações de existência e abrangência do PNCV e no seu entorno, utilizando o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas), verificando as principais classes presentes na região e quais estão mais ameaçadas;
- Entender a dinâmica espaço-temporal da ocorrência dos incêndios na área do PNCV e seu entorno utilizando o produto MODIS MCD64A1, identificando as áreas de maior risco de incêndios florestais;
- Analisar variáveis espaciais que mais influenciam a ocorrência e recorrência do fogo utilizando o modelo *Probit*;

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 O Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em termos territoriais, atrás apenas da Amazônia, as áreas cobertas pelo Cerrado representam aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, ou seja, cerca de 22% do território nacional. Considerado como a savana de maior diversidade do mundo, estende-se por grande parte do Brasil Central, em diversos tipos de solos, formações geológicas (EITEN, 1972), e fitofisionomias.

A região dos Cerrados se estende de forma contínua pelos estados de Goiás e Tocantins, o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e, ainda, em áreas disjuntas nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, no Paraná (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Suas fitofisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 1998). A fisionomia das áreas de floresta mostra predominância de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo e descontínuo. A savana possui áreas com árvores herbáceas e algumas arbustivas, distribuídas sobre um estrato de gramíneas onde não há a formação de dossel contínuo. O campo refere-se a áreas com predomínio de espécies herbáceas e poucas arbustivas, não tendo árvores (RIBEIRO; WALTER, 2008). Deve-se salientar, também, que a estrutura da vegetação e a composição de espécies, geralmente, são determinadas pelo fogo (BOND; WILGEN, 1996), o qual é responsável por mudanças nos padrões reprodutivos, no recrutamento, na taxa de mortalidade e no estabelecimento de novos indivíduos (MIRANDA; SATO, 2005).

Segundo Ribeiro e Walter (2008), totalizam-se 11 (onze) tipos fisionômicos no Cerrado, os quais podem ser classificados dentro das formações florestais como mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão; as savânicas compreendem o cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral e vereda; e as campestres incluem o campo sujo, campo limpo e campo rupestre.

Devido à variedade de espécies endêmicas de fauna e flora, o Cerrado é avaliado como a savana mais rica em biodiversidade do mundo e considerado como um dos 34 *hotspots* de biodiversidade (MYERS et al., 2000). As taxas de endemismo possuem valores estimados em 44% para plantas vasculares, 30% para anfíbios, 20% para répteis, 12% para mamíferos e 1,4% para aves (SCARIOT et al., 2005).

O clima dessa região é tropical estacional, com um período chuvoso, que dura de outubro a março, seguido por um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22° C e 27°C em média (KLINK; MACHADO, 2005). Ocorre em altitudes que variam de 300 m a mais de 1.600 m, esse contraste entre as superfícies mais baixas, as longas

chapadas (entre 900 e 1600m) e a extensa distribuição em latitude, conferem ao Cerrado uma grande diversificação térmica (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Abriga as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e ao favorecimento de sua biodiversidade (LIMA; SILVA, 2007; LIMA et al., 2007). Lima e Silva (2008) ao estudarem esses aspectos afirmaram que o Cerrado desempenha papel fundamental no processo de distribuição dos recursos hídricos pelo Brasil, sendo o local de origem das grandes bacias hidrográficas do país.

Os solos do Cerrado foram distribuídos em 17 classes, das quais seis classes são responsáveis por mais de 90% do total: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, os Neossolos Quartzarênicos, os Argissolos, os Nitossolos Vermelhos e os Cambissolos (REATTO et al., 2008). Caracterizam-se principalmente por serem solos intemperizados, que têm como características elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions e alta saturação por alumínio (ADAMOLI et al., 1985). A deficiência nutricional dos solos explica a ocorrência das diferentes fisionomias do bioma (oligotrofia), antes relacionada apenas à limitação de água (ARENS, 1958).

O Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) de 2014 desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), mostra que o bioma vem experimentando taxas de desmatamento no nível da Amazônia, apesar de possuir apenas a metade de sua área. A última estimativa do Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) para o desmatamento do Cerrado em 2010 foi de 6.469 km², enquanto na Amazônia Legal o desmatamento no mesmo ano foi de 7.000 km².

Klink e Machado (2005) indicam que as principais atividades que vêm, ao longo dos anos, alterando as fisionomias do Cerrado são: a queima anual e o desmatamento da cobertura natural para conversão das áreas em pastagens e áreas para agricultura; a extração seletiva de madeira e outros produtos não madeireiros; as modificações irreversíveis resultantes da construção de obras públicas, especialmente estradas e hidrelétricas.

4.2 Unidades de Conservação e sua importância no Cerrado.

Das políticas públicas adotadas por governos de países para a proteção da biodiversidade, a mais utilizada é o estabelecimento de Áreas Protegidas ou Unidades de

Conservação (UC), que visam assegurar a manutenção das condições ecológicas de determinadas áreas e garantir as condições de perpetuação das espécies animais e vegetais nela existentes (UICN, 1992).

No Brasil existe um Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - LEI 9.985/2000), formado por unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos, ou seja, aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo (MMA, 2017).

No contexto do Cerrado identifica-se a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral, cerca de 80% da área original já foi alterada de alguma forma, restando apenas 20% de vegetação em estágio primário (MYERS et al., 2000). Apresenta 8,21% de seu território legalmente protegido por unidades de conservação; desse total, 2,85% são unidades de proteção integral e 5,36% de unidades de uso sustentável, incluindo RPPN (0,07%) (MMA, 2017).

Mesmo considerando as baixas porcentagens, é inegável a expansão das áreas protegidas no Cerrado nas últimas décadas, embora ainda não se tenha conseguido alcançar o mínimo de 10% estipulado pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), índice atrelado à sobrevivência de inúmeras espécies de animais e plantas e à manutenção de serviços ambientais, como fornecimento de água e matérias-primas e regulação do clima (GARCIA et al., 2011).

Além dos problemas quanto às extensões das áreas protegidas e seus objetivos de proteção, a efetividade dessas áreas também deve ser considerada, visto que 55% delas se encontram em situação precária e 37% são consideradas como minimamente implementadas (SÁ; FERREIRA, 1999). Outro fator agravante diz respeito às UC não se encontrarem regularmente distribuídas segundo critérios de representatividade ao longo dos biomas ou regiões biogeográficas (ICMBIO, 2009).

Nesse sentido, a realização de análises da evolução espaço temporal da cobertura do solo de Unidades de Conservação e de seu entorno é fundamental para gerar subsídios qualitativos e quantitativos à gestão em relação à dinâmica de alterações da paisagem, e contribuir à discursões relativas a ampliação dessas áreas, como ocorreu com o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, ou ainda para a criação de novas UC.

4.2.1 Uso do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas).

Uma das iniciativas brasileiras quanto as inovações no mapeamento de uso e cobertura do solo foi o projeto MapBiomas. Este projeto foi iniciado em 2015 durante um seminário realizado em São Paulo que contou com a participação de especialistas em sensoriamento remoto (MAPBIOMAS, 2018). A grande questão do projeto foi produzir mapas anuais de uso e cobertura do solo para todo o território brasileiro de forma significativamente barata, rápida, e que possibilitassem recuperar o histórico das últimas décadas. (MAPBIOMAS, 2018).

O principal propósito do MapBiomas é colaborar com o estudo da dinâmica do uso do solo não somente no Brasil e também em outros países tropicais. O MapBiomas busca assim o desenvolvimento e implementação de uma metodologia confiável, rápida e de baixo custo para produzir os mapas anuais; criação de uma plataforma para facilitar a transmissão da metodologia para outros países e regiões; e o estabelecimento de uma rede colaborativa de especialistas nos biomas brasileiros para a realização do mapeamento, e da sua dinâmica de mudanças (MAPBIOMAS, 2018).

Os mapeamentos foram divididos em coleções para os seguintes períodos (MAPBIOMAS, 2018):

- Coleção 1: 2008 a 2015 (lançada em abril de 2016)
- Coleção 2: 2000 a 2016 (lançada em abril de 2017)
- Coleção 2.3: 2000 a 2016 (coleção revisada e lançada em dezembro de 2017)
- Coleção 3: 1985 a 2017 (a ser lançada em 2018)

Dentre os produtos do projeto, existem aqueles para todos os públicos e os produtos para especialistas (MAPBIOMAS, 2018) são eles:

- Relatórios de análise das mudanças de cobertura e uso do solo.
- Mapas de cobertura e uso do solo no formato matricial (pixel de 30x30 metros).
- Mosaicos de imagens de satélite para cada ano da série histórica.
- Plataforma *Web* de consulta pública com imagens, mapas e estatísticas das coleções.
- Coleção de *scripts* de processamento e classificação de imagens.

- Plataforma *Web* de trabalho (MapBiomas *Workspace*): é o ambiente onde o trabalho de produção do MapBiomas ocorre.
- Notas metodológicas explicando todo o método de trabalho incluindo as especificidades de cada bioma e tema transversal mapeado.

A escolha do método utilizado no processo de mapeamento do uso e cobertura da terra envolve diversos fatores (NOGUEIRA et al., 2017). Portanto, dada a inovação, a confiabilidade e a fácil utilização, o projeto MapBiomas se mostra adequado para análise de uma série histórica como o do PNCV.

4.2.2 Coleção 2.3 do MapBiomas para análise do uso e cobertura do PARNA Chapada dos Veadeiros

A Coleção 2.3 do MapBiomas inclui mapas anuais de uso e cobertura da terra com as três principais classes de vegetação nativa (floresta, savana e campos) além das demais classes como agricultura, pastagem, áreas não vegetadas e água. O desenvolvimento da Coleção 2.3 seguiu a seguintes etapas (MAPBIOMAS, 2018):

1. Definição de classes estáveis considerando as séries temporais da Coleção 2 de acordo com o ano e a consistência do pixel em uma dada classe;
2. Definição das amostras de treinamento, usando 50.000 pontos dentro das áreas com classes estáveis e extraindo métricas de sensoriamento remoto dos mosaicos usados na Coleção 2;
3. Execução do classificador *Random Forest* na plataforma do *Google Earth Engine;*
4. Verificação de descontinuidades visuais entre *tiles* contínuos e coleta manual de amostras de treinamento complementares a fim de melhorar a consistência espacial em regiões que apresentaram algum problema visual.

Os satélites usados no projeto variam de acordo com a disponibilidade de imagens para cada ano, assim, para os anos de 2000 a 2002 e 2012, utilizou-se o satélite Landsat 7, sensor ETM. Para os anos de 2003 a 2011 foi usado o satélite Landsat 5 sensor TM e, por fim, para 2013 a 2016 foi o satélite Landsat 8 sensor OLI (MAPBIOMAS, 2018). Toda a série temporal recebeu uma correção radiométrica e atmosférica a nível de TOA (topo de atmosfera). Este procedimento remove os efeitos causados pela diferença da geometria de iluminação (COLLETT et al., 1998), o que melhorou a consistência temporal da série em relação as coleções anteriores.

Outra grande diferença dessa coleção foi a incorporação do classificador *Random Forest (RF)* como uma forma de abordar melhor a variabilidade observada nos dados dos mosaicos gerados. Esta variabilidade está associada aos fatores climáticos e sua influência no funcionamento e dinâmica da vegetação do Cerrado e, dessa forma, na sua classificação (MAPBIOMAS, 2018).

A validação da Coleção 2.3 do Cerrado foi feita comparando os mapas de uso e cobertura da terra com dados do TerraClass, e dados da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Além disso, foi feita uma análise de concordância entre um conjunto de dados de 1.000 pontos obtidos automaticamente dentro das áreas (floresta, savana, pastagem e agricultura) e os mapas de uso e cobertura da terra obtidos pelo *Random Forest* resultando em uma avaliação do desempenho do classificador para cada *tile* e ano. Por fim, três analistas independentes fizeram uma avaliação de acurácia visual de 861 pontos selecionados para todo o bioma para cada ano, processo que ainda não foi finalizado para essa coleção (MAPBIOMAS, 2018).

4.3 Incêndios Florestais no Cerrado.

A queima de biomassa contribui com a emissão de gases e partículas poluentes na atmosfera. Tais emissões afetam as propriedades químicas da atmosfera e troposfera, com impacto direto sobre o balanço radioativo da superfície, propriedades das nuvens e na qualidade do ar (GRÉGOIRE et al., 2003; KAUFMANN et al., 2003; GRÉGOIRE et al., 2013).

O fogo tem ocorrido no ambiente natural por centenas de milhões de anos, ajudando a moldar a distribuição global dos biomas e influenciando a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (BOND et al., 2005). Os impactos do fogo sobre a vegetação vão depender do tipo do regime de queima, do comportamento do fogo (MIRANDA et al., 2010), do ciclo de vida das espécies vegetais atingidas, da mortalidade de adultos, da quantidade de germinação, do estabelecimento e da subsequente sobrevivência das plântulas após o fogo (WHELAN, 1995).

No Cerrado a ocorrência deve-se principalmente à ação antrópica, porém, esse é um evento que pode ocorrer de forma natural, como por meio de descargas elétricas (relâmpagos) (FRANÇA, 2001). Entretanto, sabe-se que com a chegada das primeiras comunidades, o regime natural de queima foi alterado em toda a região do Cerrado. Esta

mudança começou com as comunidades indígenas e, mais tarde, intensificada pelos ciclos de agricultura e pecuária das fazendas (MIRANDA et al., 2010).

Indiretamente a estrutura da paisagem do bioma está associada com a composição e configuração dos pós-incêndios florestais incluindo a regeneração e a mortalidade das plantas (BROWN, 2000). A frequência do fogo interfere na fisionomia e densidade do Cerrado, configurando uma savana mais aberta quanto maior for a frequência desse fenômeno (FRANÇA, 2001).

Várias características pertinentes a vegetação, tais como distribuição esparsa das árvores e arbustos, contribuem para o aumento da biomassa de gramíneas e, consequentemente, tornam-se um material altamente inflamável na época de seca (BOND; KEELEY, 2005). Além disso, há os efeitos das condições atmosféricas que favorecem a ocorrência e a propagação do fogo. Coutinho (1990) aponta que na época compreendida de maio a outubro, há um maior risco de ocorrência de incêndios, sendo que o pico de ocorrência de queimadas é em agosto e setembro.

4.3.1 Incêndios em Unidades de Conservação

Os incêndios florestais podem gerar prejuízos econômicos, ecológicos, paisagísticos e sociais a uma determinada área, principalmente considerando as áreas protegidas (FIEDLER et al., 2006). Os efeitos do fogo devem ser criteriosamente avaliados visando à preservação dos recursos naturais, de forma a estabelecer programas de manejo que propiciem a melhor condição de recuperação dos ambientes modificados (FIEDLER et al., 2006; MEDEIROS; FIEDLER, 2004).

Grande parte das Unidades de Conservação (UC) no país vem sendo atingida todos os anos por incêndios florestais (BONFIM et al., 2003). O fogo sob essa perspectiva é a maior ameaça à conservação da biodiversidade e aos processos ecológicos em áreas naturais existente nos seus limites (MEDEIROS; FIEDLER, 2004). As principais causas de incêndios em UC são em razão do uso incorreto do fogo para renovação de pastagens e limpeza de restos de culturas próximas ao parque ou até mesmo dentro de seus limites (MEDEIROS, 2002).

Em vista disso, é essencial o monitoramento e o planejamento de atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais em Unidades de Conservação. Estes procedimentos dependem do levantamento das causas, da frequência e das consequências do fogo em uma determinada área, visando a aplicação de medidas mitigadoras para

redução dos riscos, tais como a construção de aceiros, a realização de desbaste, a remoção do material combustível, a proibição do livre acesso às áreas de alto risco e o monitoramento da área, sempre visando a proteção do patrimônio natural (FIEDLER et al., 2006; LEMES et al., 2014).

Assim, um dos principais fundamentos para proteger as Unidades de Conservação é a pesquisa sobre os padrões históricos de incêndios florestais no seu interior e entorno (MATOS, 2004) e considerar sempre os benefícios do uso do fogo, essencialmente como um instrumento de manejo, bom e barato, para a manutenção dos ecossistemas protegidos (PIVELLO, 2009).

4.3.2 Variáveis que exercem efeito sobre os incêndios florestais.

Distintas características do ambiente possuem forte interferência sobre o começo, a propagação e a intensidade dos incêndios florestais (BATISTA, 2000). Diferentes variáveis, principalmente o tipo de vegetação, características do material combustível, topografia, condições meteorológicas e tipo de uso do solo, quando associadas, são funções que levam a ocorrência e propagação dos incêndios florestais (BATISTA, 2004).

Esses fatores exercem efeitos diferentes na ocorrência de incêndios de acordo com a região e época do ano. Logo, eles devem ser analisados de acordo com sua distribuição espacial na área, o que pode ser realizado mais eficientemente com o emprego de um SIG (ROSA et al., 2010)

Segundo Soares e Batista (2007) o material combustível, seja ele um material orgânico, vivo ou morto, acima do solo, é capaz de entrar em combustão. Dentre as características que mais influenciam a ignição e propagação destacam-se: a quantidade, a umidade, a inflamabilidade, a continuidade e a compactação (RIGOLOT, 1990). Outro elemento de forte interferência são as condições climáticas, elas incluem vários elementos meteorológicos que possuem efeitos sobre as características do fogo, tais como: umidade relativa, vento, precipitação e temperatura (SOARES; BATISTA, 2007).

Segundo os mesmos autores, a topografia também influencia fortemente o clima e determina o tipo de combustível em uma área. Os principais fatores topográficos são: elevação ou altitude; exposição, também chamado de azimute de orientação das encostas; e a inclinação do relevo.

Outras variáveis espaciais têm sido utilizadas em estudos de risco de incêndios florestais, tais como as estradas (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998). As estradas ou mesmo trilhas são os elos que permitem a exploração mais eficiente de uma região, portanto, tendem a ser fator desencadeante de risco proeminente de incêndios florestais (RIBEIRO et al., 2007), além de serem vetores para fatores de risco, como prática de cultos religiosos; cigarros; prática de pequenas fogueiras, entre outras ocorrências (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998).

De acordo com Nunes (2005), geralmente o risco a ocorrência de um incêndio está relacionado a agentes que originam o fogo, enquanto o perigo aos incêndios associa-se com as causas que aumentam ou diminuem a probabilidade de sua ocorrência, assim, ressalta-se a importância do manejo do fogo considerando todos os elementos de influência, bem como a adoção de técnicas mais eficazes e advertência pública no grau de perigo.

4.4. Modelo probabilístico e espacial de ocorrência de incêndios.

O *Probit* é um modelo linear probabilístico que descreve o comportamento da variável dependente dicotômica (*dummy*) em termos de uma regressão linear sobre variáveis explicativas não-aleatórias contidas em um vetor (BRAUMANN; CARNEIRO, 2002). Esse modelo evita problemas de endogeneidade em decorrência da variável *dummy*.

De acordo com Wooldridge (2000) o modelo *Probit* pode ser definido como:

$$y^* = \beta_0 + x\beta + \varepsilon, \quad y = 1 \ [y^* > 0], \qquad (1)$$

Onde ***y**** é uma variável latente não observada (neste estudo, um pixel representando ocorrência de incêndio florestal) que satisfaça a distribuição normal e de homoscedasticidade com uma média linear; *x* é um vetor de variáveis independentes; β é um vetor de coeficientes desconhecidos; e ξ é o termo de erro distribuído independentemente assumindo ser normal com média zero e variância constante (σ^2). A função indicadora requer que as observações sejam valor 1 se o evento (incêndio florestal) é verdadeiro e 0 se for falso. Desta maneira,

$y = 1$ se $y^* > 0$, e

$y = 0$ se $y^* \leq 0$

O modelo linear é simples de ser usado e estimado, mas apresenta algumas limitações, pois as probabilidades ajustadas podem ser menores que zero (0) ou maiores que (1) e os efeitos da variável explicativa será constante (WOOLDRIDGE, 2010). No entanto, essas limitações podem ser superadas usando modelos de resposta binária. O modelo linear de probabilidade pode ser definido como:

$$P(y = 1 \mid x) = P(y^* > 0 \mid x) = P(\varepsilon > -x\beta \mid x) = \Phi(x\beta) \qquad (2)$$

onde, Φ (.) é a distribuição cumulativa normal padrão (dcn); x é o vetor de variáveis independentes, e β é o vetor de coeficientes desconhecidos.

O modelo de probabilidade linear aceita o uso de diversas variáveis *dummy* (resposta binária) independentes na mesma equação, bem como variáveis quantitativas (WOOLDRIDGE, 2010).

4.5 Sensoriamento Remoto para o monitoramento de incêndios.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta ou técnica que faz uso de sensores para medir a quantidade de energia eletromagnética emanada de um objeto ou área geográfica à distância, essa energia pode ser oriunda tanto de fonte natural (sol) como também por fonte de emissão artificial (radar). A medição permite construir imagens, que são feitas baseadas em pixels com valores distintos (números digitais), eles fornecem informações que podem ser usadas para os mais diversos propósitos: identificação, descrição, caracterização e quantificação dos usos da terra; avaliação da disponibilidade, qualidade e quantidade dos recursos naturais e o monitoramento das suas alterações e condições; além de informações sobre índice de vegetação, índice de clorofila, biomassa, etc. (JENSEN, 2009).

As análises de incêndios a partir de imagens de sensoriamento remoto podem ser realizadas pela observação de queimadas ativas, ou seja, que estão ocorrendo no mesmo momento de captura da imagem, em que se utiliza a banda espectral na região do infravermelho termal; ou pela identificação das áreas após a ocorrência da queimada, isto é, das cicatrizes na superfície provocadas pelo fogo, em que se utiliza dados da região do infravermelho próximo e médio (LOMBARDI, 2005). A avaliação em larga escala da ocorrência desses eventos tem sido realizada, principalmente, por ERS ATSR (*Along Track Scanning Radiometer*), NOAA AVHRR (*National Oceanic Atmospheric*

Administration), *SPOT VEGETATION* e TERRA/AGUA sensor MODIS, devido à alta resolução temporal e espacial (MIETTINEN, 2007).

Deste modo, o avanço tecnológico dos sensores orbitais, aliado com as geotecnologias, tornou possível verificar como as ações humanas moldam o meio ambiente ao seu redor e, assim, embasar melhor a tomada de decisões públicas, as quais dependem do levantamento e análise de dados (cobertura vegetal, ocupação antrópica, etc.) para o auxílio na formulação de mitigações (ARAÚJO; JUNIOR, 2011). Em relação às queimadas, o monitoramento sistemático se torna imprescindível para ações de prevenção e combate à incêndios, assim como, permite planejar metas para controle e gerenciamento mais eficiente nos anos seguintes (PIROMAL et al., 2008).

4.5.1 Sensor MODIS.

Lançado a bordo do satélite Terra, em dezembro de 1999, e a bordo do satélite Aqua, em maio de 2002, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrorradiometer*), foi um marco na supervisão da vegetação em escala global (FERREIRA JR, 2008). Este sensor integra o projeto EOS "*Earth Observing System*" mantido pela Agência Nacional Norte Americana – NASA, e financiado pelo programa ESE "*Earth Science Enterprises*", cujo principal objetivo é estabelecer como o planeta está sofrendo alterações e quais as consequências para a vida existente, desenvolvendo uma compreensão de seu funcionamento como um sistema singular e interligado (LATORRE et al., 2003). A tabela 1 mostra alguns dos produtos do sensor MODIS e suas resoluções.

Tabela 1. Alguns produtos fornecidos pelo sensor MODIS.

Nome	Plataforma	Produtos	Resolução
MOD13Q1	Terra	Índice de vegetação	250 m
MOD09A1	Terra	Reflectância da superfície	500 m
MYD14A1	Aqua	Anomalias termais e fogo	1000 m
MOD14A1	Terra	Anomalias termais e fogo	1000 m
MYD12A2	Aqua	Anomalias termais e fogo	1000 m
MOD14A2	Terra	Anomalias termais e fogo	1000 m
MYD14	Aqua	Anomalias termais e fogo	1000 m
MYD13C2	Aqua	Índice de vegetação	5600 m
MOD13C3	Terra	Índice de vegetação	5600 m
MYD13C1	Aqua	Índice de vegetação	5600 m
MOD13C1	Terra	Índice de vegetação	5600 m
MYD13A3	Aqua	Índice de vegetação	1000 m
MOD13A3	Terra	Índice de vegetação	1000 m
MCD45A1	Combinado	Área queimada	500 m
MCD64A1	Combinado	Anomalias termais e fogo	1000m
MOD14	Terra	Anomalias termais e fogo	1000 m
MOD13A1	Terra	Índice de vegetação	500 m

MCD43A3	Combinado	Albedo	500 m

Fonte: MODIS website (https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table) (2017).

De acordo com Barker et al., (1992) esse sensor exibe diversos atributos, entre eles: continuidade nas tomadas de medidas; ampla cobertura espacial e espectral. Tais características consistem na primeira ferramenta dos satélites EOS na condução das pesquisas de mudanças globais.

É composto por bandas que são selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades de observação, e a cada 1 a 2 dias é capaz de fornecer uma abrangência global do território (JUSTICE et al., 2002). As primeiras 19 bandas pertencem à porção refletida do espectro eletromagnético (405 nm a 2155 nm), onde as bandas 1 a 7 são direcionadas para as implicações terrestres; as bandas 8 a 16 são para as observações oceânicas; e as bandas 17 a 19 para as medições atmosféricas (LATORRE et al., 2003). As bandas 20 a 36, a exceção da banda 26 (1360-1390 nm), cobrem a porção termal do espectro (3660nm a 14385nm) (BARKER et al., 1992).

Os dados MODIS são divididos em cinco níveis (0 a 4), que irão diversificar de acordo com o grau de processamento realizado. Após o processamento do nível 0 pelo sistema operacional, o centro de arquivos denominado *Goddard Space Flight Center Earth Sciences Distributed Active Archive Center* (GES DAAC) irá produzir os níveis 1A e 1B e os produtos de geolocação (LATORRE et al., 2003). Os produtos de níveis mais elevados são, inicialmente, produzidos pelo Sistema de Processamento Adaptativo do sensor MODIS (MODIS *Adaptive Processing System* - MODAPS), e depois distribuídos entre três outros centros de DAAC (JUSTICE et al., 2002). A Tabela 2 traz algumas especificações sobre cada nível de processamento.

Tabela 2. Especificações dos níveis de tratamento dos dados MODIS.

Nível 0	Retrata a imagem bruta, sem nenhum tratamento. Não é acessível ao usuário.
Nível 1 (1A)	Contém uma base de informações de 36 canais do MODIS, é utilizado como dado de entrada para geolocalização, calibração e processamento. São adicionados indicadores de qualidade são para apontar a perda ou pixels ruins.
Nível 1 (1B)	Fornece dados adicionais, incluindo as estimativas de qualidade, de erro e dados de calibração.
Nível 2	Os produtos deste nível são provenientes de radiâncias calibradas de produtos prévios do MODIS.
Nível 3	Neste nível os produtos são espacialmente reamostrados e temporariamente compostos para produzir uma simples estimativa das variáveis geofísicas para cada

	grade de localização. A proporcionalidade de tempo dos produtos destes níveis pode variar de apenas um dia para um ano inteiro.
Nível 4	Esse nível gera produtos pela incorporação dos dados MODIS em modelos qualificado a estimar as variáveis geofísicas.

Fonte: Adaptado de Justice et al., (2002)

Fundamentalmente, o propósito de uso dos produtos gerados pelo sensor MODIS consiste na quantificação e identificação das alterações da cobertura terrestre e dos processos naturais e antropomórficos. Tais aplicações contribuem com os diversos modelos regionais e globais existentes (STRAHLER et al., 1999).

4.5.2 Dados do produto MODIS MCD64A1 para avaliação de incêndios florestais.

O produto MODIS MCD64A1 é disponibilizado mensalmente e oferece informações sobre a área queimada e a qualidade da informação por pixel, em nível 3 de processamento e resolução espacial de 500 metros (GIGLIO et al., 2015). As informações são geradas com base na refletância da superfície do sensor, por meio de um algoritmo que usa um índice de vegetação sensível à queima (IV), de modo que a diminuição abrupta do IV é aplicado como a variável mais importante para detectar áreas queimadas (RUIZ, 2014).

O IV é proveniente das faixas 5 e 7 da superfície de reflectância corrigidas atmosfericamente no infravermelho próximo MODIS. O algoritmo identifica a data de queima através do *grid* de células de 500m em cada *tile* individual. A data é codificada em uma única camada de dados iguais aos dias julianos nos quais a queima ocorreu, com valores atribuídos a pixels de áreas não queimadas, possíveis dados perdidos, e células de água, dessa forma o produto adquiriu validação de nível 3 (GIGLIO et al., 2015).

Os *layers* fornecidos pelo produto MCD64A1 incluem (GIGLIO et al., 2015):

- *Burn date* (Data da queima)
- *Burn Data Uncertainty* (incerteza da data da queima)
- *Quality Assurance* (garantia de qualidade)
- Primeiro e último dia de detecção de alterações do ano

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área do presente estudo compreende o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) em sua dimensão original de criação em 1961 e ampliada em 2017. Além disso, incluiu-se a área de influência (entorno) do PNCV definida conforme a resolução nº 13 de dezembro de 1990 do CONAMA, que estabelece uma faixa de 10 km como zona de amortecimento de uma UC, agregando com isso informações do interior e de fora do Parque (Figura 1).

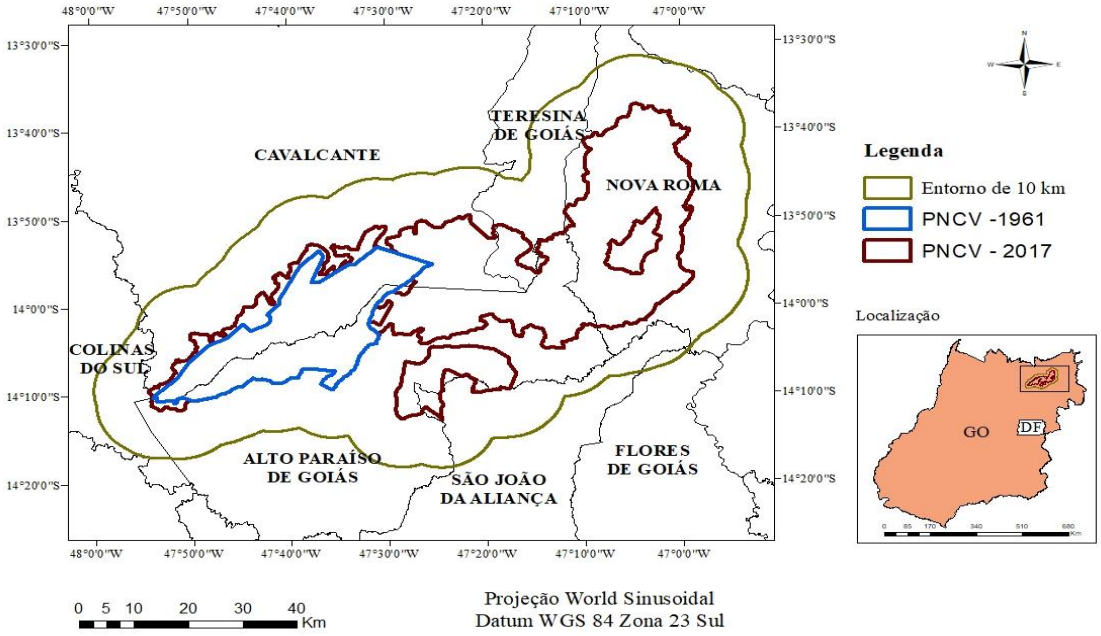

Figura 1. Localização da área de estudo (Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e uma zona de 10 km de amortecimento em seu entorno).

O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros está localizado na região nordeste do estado de Goiás. Criado em 1961, originalmente possuía uma área de 65.514,73 ha. Recentemente, a área original foi alterada pelo Decreto de 5 de julho de 2017, que ampliou a área do PNCV para um total de 240.611,4 ha, abrangendo diversos tipos de vegetação do cerrado de altitude (ICMBIO, 2017). Integrante da zona mais importante (a zona núcleo) da Reserva da Biosfera do Cerrado e do corredor ecológico Paranã-Pirineus, o PNCV abriga ecossistemas únicos, com grande variedade de vegetação, como campos rupestres, matas de galerias, matas ciliares, palmeirais, campos limpos e campos sujos (ICMBIO, 2017).

Os novos limites do PNCV incluem parte dos municípios de Alto Paraíso, Cavalcante, Colinas do Sul, Teresina de Goiás, Nova Roma e São João da Aliança (BRASIL, 2017). No seu limite mais recente, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros passou a formar – junto com a Área de Proteção Ambiental (APA) estadual do Pouso Alto, 22 reservas particulares do patrimônio natural (RPPN) e o território quilombola Kalunga – um vasto mosaico de UC (DINIZ, 2017).

O PNCV foi declarado Patrimônio Mundial Natural em 2001 pela UNESCO e constitui uma das áreas-núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado. Representa uma das áreas mais importantes de conservação do Planalto Central do Brasil e o maior atrativo ecoturístico da região (ROCKTAESCHEL, 2003). É um dos parques com uma das maiores visibilidades do país e geração de benefícios econômicos, educativos e ambientais para a comunidade e o entorno (BOURDETTE, 2014).

Conforme os dados do Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do estado de Goiás (SIMEGO) (ICMBIO, 2009), a região é caracterizada por apresentar uma razoável homogeneidade climática, com estações bem definidas e pequenas variações de ano para ano em todos os parâmetros climáticos. Segundo a classificação climática de Köeppen, a região se encontra submetida a um regime climático tropical semiúmido do tipo Aw, que é caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos.

O relevo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros é caracterizado por planícies e planaltos, incluindo serras e chapadas que dividem as bacias dos Rios Paraná e Maranhão (CNUC, 2018). Ainda de acordo com o CNUC (2018), seu principal rio é o Rio Preto, ele protege nascentes de importantes rios como o Montes Claros, Rio das Cobras e Rio dos Couros, tal como afluentes dos rios da Pedra e do São Miguel.

Apesar da maior parte do bioma cerrado ser formado por latossolos, existe na Chapada dos Veadeiros uma grande variedade de outros solos e isso pode ser verificado pela vasta diversidade de tipos de vegetação (RIBEIRO et al., 1998). Predominam na região cambissolos, solos litólicos e latossolos vermelho-amarelo (FELFILI et al., 2007).

De acordo com Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) (2009), a lista de flora na área do Parque conta com 1.636 espécies descritas. Destas, 1.178 são da categoria arbustivo/herbácea (que inclui arbustos, subarbustos, ervas e trepadeiras) e 458 são arbóreas. Para cada espécie de árvore da Chapada dos Veadeiros, existem 2,5 espécies de ervas e arbustos, o que é considerado baixo para o extrato arbóreo

comparando ao bioma Cerrado (MENDONÇA et al., 1998). Quanto à fauna, abriga diversas espécies endêmicas e serve como refúgio, possuindo uma grande diversidade e representatividade do bioma comparada a outras UC da mesma categoria (IMCBIO, 2009).

Atualmente, o PNCV está em processo de isolamento pela construção de várias usinas hidrelétricas (UHE) em seu entorno, dificultando a conectividade com outras Unidades de Conservação, devendo-se, portanto, proteger e agilizar o processo de efetivação dos corredores ecológicos estabelecidos pela RBC (Reserva da Biosfera do Cerrado) - Fase II, as propostas de criação do CECPP (Projeto Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pireneus) e as ações de ordenamento e manejo de baixo impacto sobre a APA do Pouso Alto (ICMBIO, 2009).

5.2 Etapas da pesquisa e base de dados

5.2.1 Etapas da pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas diferentes: a primeira foi realizada a partir da aquisição dos dados do MapBiomas para os anos de 2002 a 2016 para verificação dos tipos de uso e cobertura da terra; a segunda etapa caracterizou-se pela coleta dos dados do produto MODIS MCD64A1 para todos os meses no período entre 2002 e 2017 para quantificação das áreas queimadas, e ainda de recorrência de incêndios. Por fim, a terceira etapa envolveu a aquisição e preparação de dados que representam os fatores relacionados a ocorrência e propagação dos incêndios florestais na região de estudo.

5.2.2 Processamento dos dados do MapBiomas.

O mapeamento de uso e cobertura da terra foi executado de acordo com a Coleção 2.3 do MapBiomas para o bioma Cerrado. O site disponibiliza as imagens em formato *GeoTiff* e estão em compressão LZW (*Lempel-Ziv-Welch*). Os mapas anuais são disponibilizados em um único arquivo com 17 bandas, onde cada uma delas representa um ano (banda 1 = 2000 até a banda 17 = 2016) (MAPBIOMAS, 2018).

Para extrair as bandas foi necessário utilizar a ferramenta *Raster Calculator*, e adiante criar uma coluna nas tabelas de atributos nos arquivos *raster* de cada ano, nas quais por meio da ferramenta *Field Calculator* foi possível quantificar as áreas de cada tipo de uso da terra com base no tamanho do pixel da imagem (30 metros).

Quantizou-se toda a área de estudo, dividindo as análises para área de 1961, área de 2017 e o entorno de 10 km. De acordo com a metodologia do MapBiomas, foram obtidos valores dos pixels que representam um tipo de uso específico da terra. A Tabela 3 traz a descrição das formações vegetais e uso da terra na área de estudo segundo a classificação do projeto MapBiomas.

Tabela 3. Códigos e descrição da legenda do uso e cobertura da terra na Coleção 2.3 do projeto MapBiomas para a área do presente estudo.

Valor do pixel (código)	Legenda	Descrição
3	Formações Florestais	Vegetação com predominância de espécies arbóreas, com formação de dossel continuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), além de florestas estacionais e semideciduas.
4	Formações savânicas	Formações savânicas com estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo definidos (Cerrado sentido restrito, cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo, cerrado rupestre e parque cerrado).
9	Florestas Plantadas	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. eucalipto, pinus)
12	Vegetação Campestre	Formações campestres com dominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre).
15	Pastagem	Regiões de pastagem, naturais ou plantadas, ligada a atividade agropecuária.
18	Agricultura	Regiões com cultivo agrícola, mas sem especificação de tipo de cultivo.
21	Agricultura ou Pastagem	Áreas onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
22	Áreas não vegetadas	Solo exposto, superfície arenosa, afloramento rochoso, infraestrutura urbana.
24	Infraestrutura Urbana	Inclui vias, estradas e construções. Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas a mais de 5 anos.
26	Corpos d'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Adaptado de ATBD (*Algorithm Theoretical Basis Document)* – MapBiomas (2018).

5.2.3 Processamentos das imagens do produto MODIS MCD64A1

O mapeamento das áreas atingidas por fogo foi adquirido por meio do produto MODIS MCD64A1 no site do Serviço Geológico Americano (USGS). Este produto é disponibilizado com resolução espacial de 500 m e nível 3 de processamento. Foi necessária uma cena MODIS MCD64A1: h13v10.005 para contemplar espacialmente toda a região do Parque Nacional Chapada dos Veadeiros.

Das quatro camadas (*layers*) fornecidos no produto MODIS MCD64A1, foram utilizados dois: *burn date*, determinação da área queimada por dia do ano; *QA*, indicador

da garantia de qualidade do pixel determinado como queima. No *software* ArcGis 10.3 os produtos foram convertidos para o sistema de coordenadas projetadas *World Sinusoidal* e *Datum* WGS84 zona 23 Sul. Posteriormente, os dados de áreas queimadas foram filtrados, ou seja, a partir dos pixels rotulados como áreas queimadas no *burndate* (valores de 1 a 366, dias julianos) foram classificados aqueles com alto índice de confiabilidade, valor 1, de acordo com a informação da camada (*layer*) *QA*. Para isso, utilizou-se o cruzamento das duas bandas através da ferramenta *Raster Calculator* (BOSCHETTI et al., 2013).

O mapeamento foi realizado em todos os meses na área do PNCV de 1961, na área ampliada do PNCV de 2017 e no seu entorno de 10 Km. Por meio da ferramenta *Raster Calculator,* fez-se o cumulativo dos incêndios ocorridos em cada ano, que resultou em uma imagem (*raster)* contendo os incêndios de cada ano no período de 2002 a 2017. A imagem foi reclassificada de forma a produzir uma sequência binária para as imagens, isto é, 1 para áreas queimadas de acordo com o índice de confiabilidade, e 0 para áreas não queimadas.

A partir dos mapas anuais para o período avaliado também foi possível fazer uma quantificação da recorrência de incêndios. Para isso, utilizando a ferramenta *Raster calculator,* foi feita a sobreposição das imagens ano a ano, com base nos pixels classificados como área queimada derivado do produto MDC64A1.

5.2.4 Modelo probabilístico e espacial de ocorrência de incêndios

O modelo probabilístico *Probit* foi utilizado para a análise espacialmente explícita de variáveis que influenciam a ocorrência do fogo na área de estudo. Neste caso, buscou-se incluir as variáveis que apresentam potencial teórico de influenciar na ocorrência e propagação dos incêndios florestais em vegetação do cerrado brasileiro. Assim, foram incluídas na análise as seguintes variáveis independentes (x) para o modelo *Probit*:

- Altitude (m);
- Aspecto do relevo (graus);
- Inclinação do terreno (m);
- Distância de centros urbanos (m);
- Distância de estradas (m);
- Latitude (referente às coordenadas);
- Longitude (referente às coordenadas);

- Anos de ocorrência de incêndios, período entre 2002 e 2017.

As variáveis altitude, aspecto e inclinação do relevo estão associadas com as condições ambientais e topográficas; a distância de estradas e de centros urbanos (cidades) estão associadas com as fontes antrópicas de ignição do fogo; a latitude e longitude estão associadas com condições específicas da distribuição espacial do fogo na área de estudo, que por razões diversas, podem ocorrer mais efetivamente em alguns lugares que em outros. A Figura abaixo ilustra cada uma das variáveis utilizadas na análise estatística do modelo Probit no presente estudo, com exceção apenas dos eixos latitudinal e longitudinal.

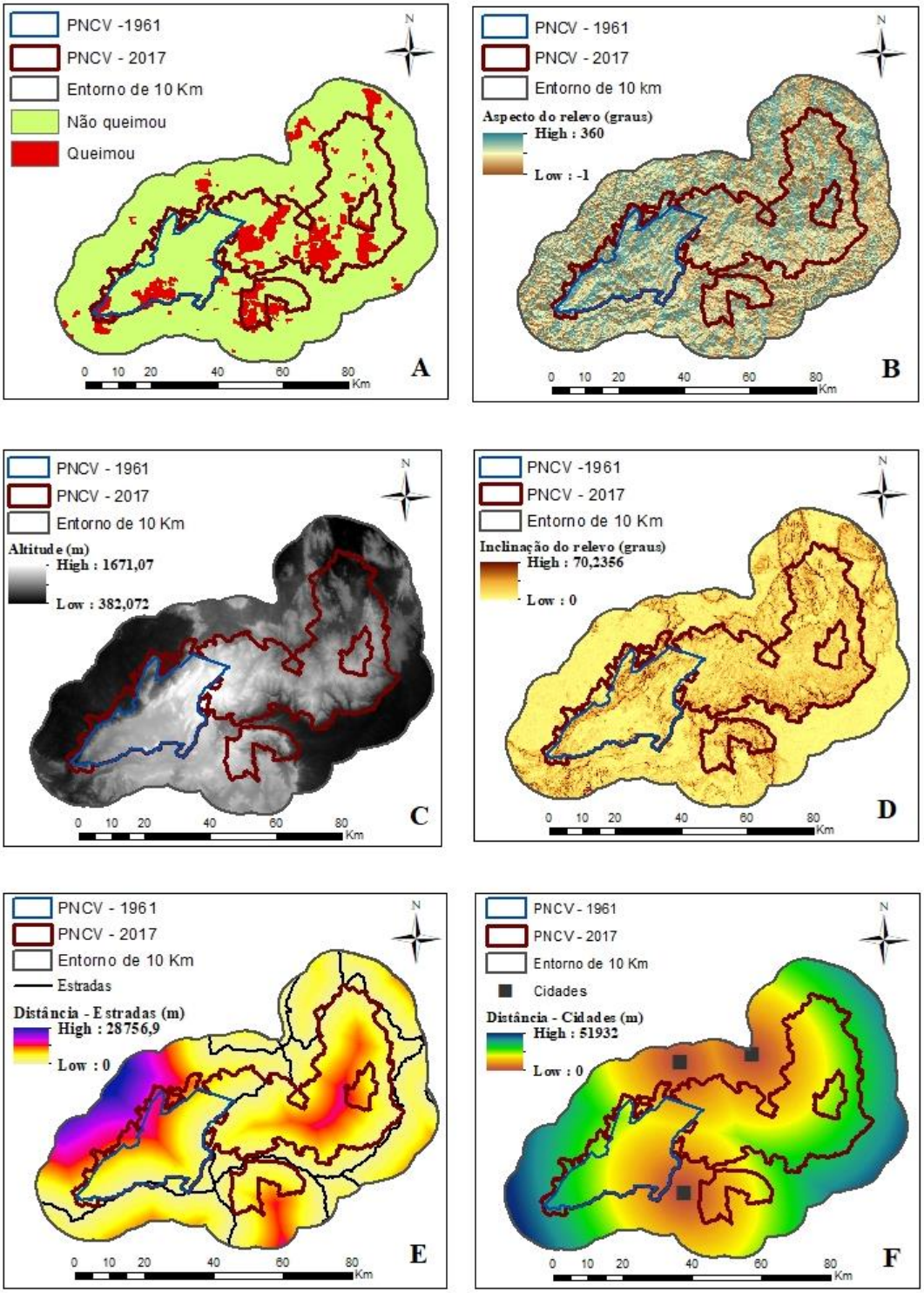

Figura 2. Representação das variáveis espacialmente explícitas relacionadas com a ocorrência e propagação do fogo, utilizadas na análise probabilística espacial. (A) áreas queimadas em cada ano no período de análise; (B) Aspecto do relevo; (C) Altitude; (D) Inclinação do relevo; (E) Distância de estradas; (F) Distância de cidades.

Para definir o sistema de amostragem dos dados na área de estudo, foi feita uma amostragem estratificada-aleatória. Este sistema de amostragem garante a distribuição de amostras em toda a área de interesse, com os aspectos da aleatoriedade considerada,

contribuindo para reduzir os efeitos da coincidência entre os padrões espaciais da paisagem e dos pontos amostrais (BURROUGH, 1998). Para isso, primeiro criou-se uma grade retangular de 3 x 3 km sobre a área de estudo utilizando a ferramenta *fishnet* do *software* ArcGis 10.3. Em seguida foram geradas 750 amostras aleatórias utilizando a ferramenta *Create Randon Points*, com um ponto amostral dentro de cada quadrícula da grade. Os dados foram coletados para cada ponto amostral e para cada variável utilizada (Figura 3).

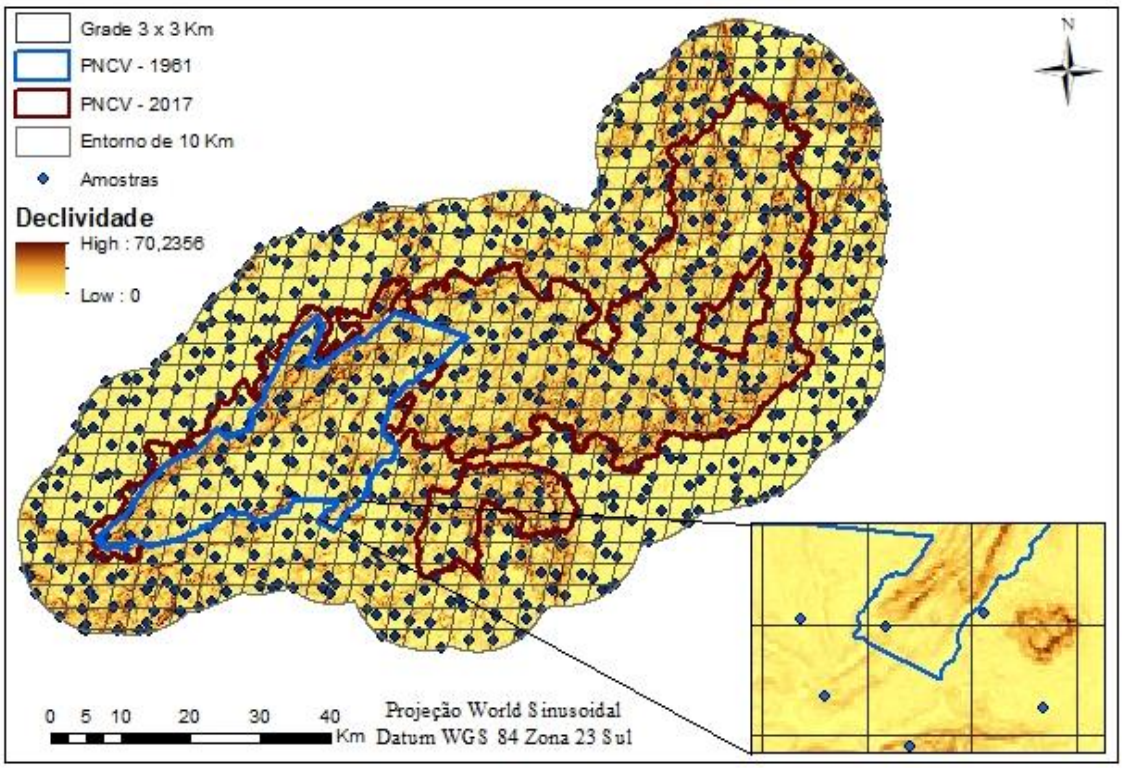

Figura 3. Sistema de amostragem sistemática-aleatória adotado numa grade de 3 x 3 km sobre uma das variáveis (Inclinação do relevo) relacionadas com a ocorrência e propagação do fogo no PNCV.

O pixel foi utilizado como a unidade de observação e os valores da base de dados foram coletados para cada ponto na grade amostral para representar a ocorrência das variáveis independentes (aspecto do relevo; inclinação do relevo; altitude; longitude e latitude; e distância de estradas e cidades). Para a variável dependente (ocorrência de queimadas no período de 2002 a 2016) foi considerado o valor (1) se queimado e (0) se não queimado. Este procedimento foi adotado para reduzir os efeitos de autocorrelação espacial na base de dados (ANSELIN 2002, ARIMA et al., 2007).

Os dados de relevo (altitude) foram obtidos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados de localização das cidades e das estradas foram obtidos no Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), disponíveis na página da internet http://www.sieg.go.gov.br. Todos os dados foram recortados de acordo com a área de estudo total e convertidos para o sistema de coordenadas projetadas *World Sinusoidal* e *Datum* WGS84 Zona 23 Sul.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise temporal do uso e cobertura da terra a partir dos dados do MapBiomas (2002 e 2016)

De acordo com os dados do projeto MapBiomas (2018), a cobertura da terra dominante na área de estudo é a vegetação nativa, sendo a maior parte composta por vegetação campestre, seguida pelas formações florestais (Tabela 4).

Tabela 4. Uso e cobertura da terra do PNCV em 2002 e 2016.

Classes de uso	Limites	2002		2016	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%
Formações Florestais	entorno (limite de 2017)	105.415,6	28,1	120.736,1	32,2
	limite de 1961	12.115,3	18,5	15.995,5	24,4
	limite de 2017	69.732,7	29,0	87.001,6	36,2
Formações Savânicas	entorno (limite de 2017)	32.095,6	8,5	22.114,6	5,9
	limite de 1961	3.720,8	5,7	1.366,4	2,1
	limite de 2017	20.340,1	8,5	9.380,5	3,9
Florestas Plantadas	entorno (limite de 2017)	0,2	0,0	1.053,5	0,3
	limite de 1961	-	-	-	-
	limite de 2017	-	-	-	-
Vegetação Campestre	entorno (limite de 2017)	91.065,7	24,2	95.225,9	25,4
	limite de 1961	40.600,1	62,0	42.249,1	64,5
	limite de 2017	115.116,1	47,8	109.439,4	45,5
Pastagem	entorno (limite de 2017)	63.017,4	16,8	79.789,5	21,2
	limite de 1961	3,5	0,0	22,2	0,0
	limite de 2017	2.965,31	1,2	7.532,0	3,1
Agricultura	entorno (limite de 2017)	669,7	0,2	7006,9	1,9
	limite de 1961	-	-	0,6	0,0
	limite de 2017	5,0	0,0	100,2	0,0
Agricultura ou Pastagem	entorno (limite de 2017)	82.918,2	22,1	49.102,3	13,1
	limite de 1961	289,35	0,4	210,0	0,3
	limite de 2017	23.575,0	9,8	21.581,6	9,0
Áreas não vegetadas	entorno (limite de 2017)	146,0	0,0	70,2	0,0
	limite de 1961	8.740,1	13,5	5.680,5	8,7
	limite de 2017	8.762,6	3,6	5.695,0	2,4
Infraestrutura Urbana	entorno (limite de 2017)	-	-	357,9	0,1
	limite de 1961	-	-	-	-
	limite de 2017	-	-	-	-
Corpos d'água	entorno (limite de 2017)	413,64	0,1	287,1	0,1
	limite de 1961	44,91	0,1	32,7	0,0
	limite de 2017	114,0	0,0	56,7	0,0
Total	**entorno (limite de 2017)**	**375742**	**100**	**375742**	**100**
	limite de 1961	**65514**	**100**	**65514**	**100**
	limite de 2017	**240611**	**100**	**240611**	**100**

A vegetação campestre está concentrada dentro do PNCV, principalmente dentro dos limites territoriais definidos em 1961. Nesta área, as formações florestais estão concentradas nos limites das bordas do Parque e em todo seu entorno, mais concentrado na parte norte e sudoeste da área de estudo. As figuras 5 e 6 apresentam a espacialização do uso e cobertura da terra em 2002 e 2016, respectivamente, dentro dos limites territoriais do PNCV (limites definidos em 1961 e em 2017) e no seu entorno.

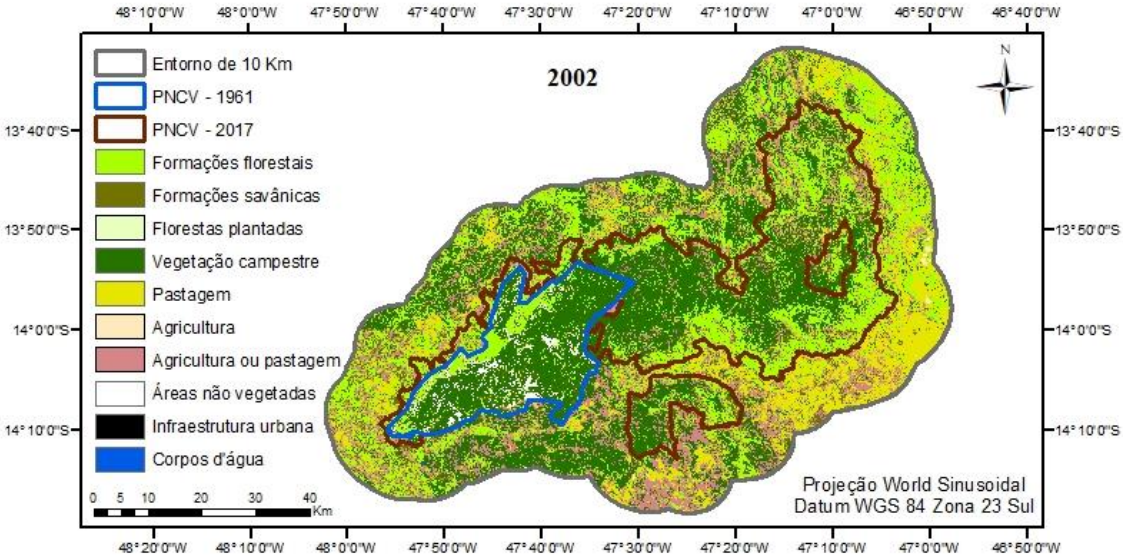

Figura 4. Uso e cobertura da terra em 2002 dentro do PNCV (limites definidos em 1961 e 2017) e no seu entorno (adaptado de MapBiomas, 2018).

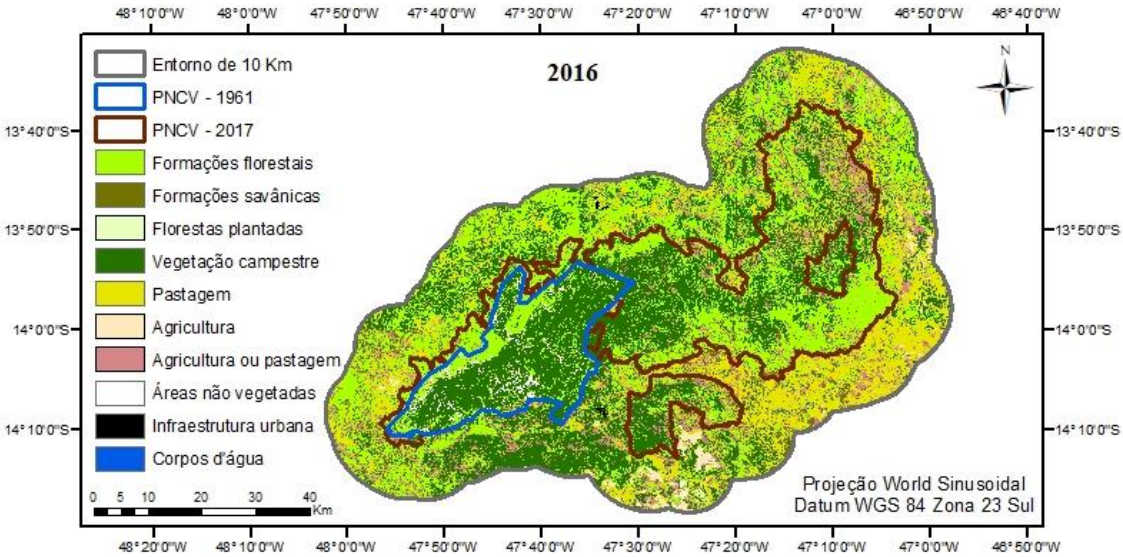

Figura 5. Uso e cobertura da terra em 2016 dentro do PNCV (limites definidos em 1961 e 2017) e no seu entorno (adaptado de MapBiomas, 2018).

A vegetação campestre foi pouco alterada na área e período de estudo. Foi observada uma redução de 2,4% deste tipo de vegetação apenas dentro dos limites territoriais do PNCV definidos em 2017. As formações florestais aumentaram 7,2% dentro dos limites territoriais do PNCV definidos em 2017 no período estudado. Os resultados do MapBiomas (2018) indicam que houve um adensamento da vegetação, cujas áreas mais abertas de campo foram sendo ao longo do tempo ocupadas por fisionomias mais fechadas de cerrado (Figuras 4 e 5).

As classes “pastagem” e “agricultura ou pastagem” foram observadas em pequenas quantidades (menos de 1%) dentro dos limites do PNCV de 1961. Por outro lado, as pastagens foram comumente observadas na região do entorno dos limites territoriais do PNCV de 2017 (Figuras 4 e 5), destacando a importância da ampliação do PNCV frente à pressão do setor agropecuário. Tal medida pode contribuir para assegurar a preservação da biodiversidade e o não isolamento desta UC, mantendo as suas características originais e, consequentemente, a manutenção de diversas áreas prioritárias para conservação.

As formações savânicas estão espacialmente espalhadas em pequenas manchas, destacando as zonas oeste e sudeste da área de estudo, ocupando sempre menos que 10% do entorno e dos limites atuais do PNCV. Observou-se também que houve a supressão substancial das formações savânicas na área e período estudado, principalmente na região do entorno do PNCV, como resultado do avanço da pastagem e da agricultura. O processo de desmatamento do cerrado parece recorrente, levando em conta as boas condições topográficas, tipo de terreno e facilidade de desmatamento, transformando o bioma na principal região brasileira produtora de grãos e gado de corte do Brasil (AGUIAR et al., 2004).

A classe de cobertura da terra de áreas não vegetadas, foi observada em sua maioria dentro dos limites do PNCV definidos em 1961 (Tabela 4). Isso pode ser explicado tanto pela presença do solo exposto (rochas) em si quanto pelo processo de classificação do uso e cobertura da terra feita pelo projeto MapBiomas, que engloba dentro dessa classe os solos expostos, as superfícies arenosas, os afloramentos rochosos e as áreas de infraestrutura urbana. Estas classes são comumente observadas na parte norte do PNCV, exceto as áreas de infraestrutura urbana.

As áreas ocupadas por corpos d’água e as áreas de infraestrutura urbana (mapeadas em uma classe separada a partir de 2010) compõem menos de 1% da área de estudo. Apesar da grande frequência em que podem ser observadas as cachoeiras, a região de estudo é considerada muito seca. Os corpos d’água, portanto, são de grande relevância ambiental para diversas bacias brasileiras (ICMBIO, 2009). Por sua vez, a infraestrutura urbana não parece ameaçar a região do PNCV e seu entorno.

6.2 Incêndios da série temporal (2002 a 2017).

Com base nos dados de classificação das áreas atingidas por fogo do produto MODIS MCD64A1, observou-se que os maiores incêndios na área de estudo ocorreram

em 2007 e 2010, envolvendo 206.523,1 ha (33,5%) e 174.581,9 ha (28,3%) atingidos por fogo, respectivamente. Outros 17,6% e 17,4% foram queimados na área de estudo em 2017 e 2012, respectivamente (Figura 6).

As áreas queimadas em 2002, 2003, 2004, 2006, 2011, 2014 e 2015 representam cerca de até 15% da área total, correspondente a 92.418,6 ha da área de estudo. O total queimado em 2005, 2008, 2009, 2013 e 2016 correspondem a menos de 10% da área total (Figura 6 e 7).

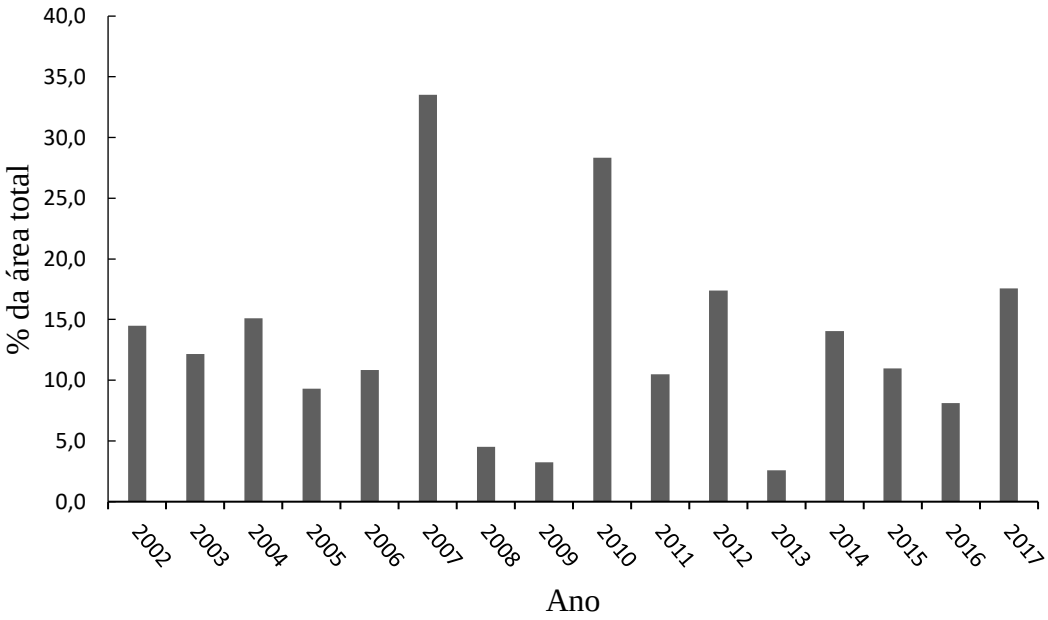

Figura 6. Porcentagem de área queimada na área de estudo (PNCV e seu entorno) entre 2002 e 2017.

As maiores áreas atingidas por fogo dentro dos limites territoriais do PNCV definidos em 1961, foram em 2003, 2010 e 2017, quando 72,2%, 65,4% e 63,% de sua área total foi queimada, respectivamente. Dentro dos novos limites do PNCV, os maiores incêndios ocorreram em 2007 (46,7%) e 2010 (40,7%). Entretanto, observou-se que os incêndios atingiram maiores percentuais anuais dentro dos novos limites (2017) do PNCV que dentro dos limites antigos (1961), exceto em 2003, 2007 e 2010 (Figura 7). Tais resultados indicam boa efetividade dos propósitos da criação original do PNCV, visto que os incêndios não foram tão comuns nos limites definidos em 1961.

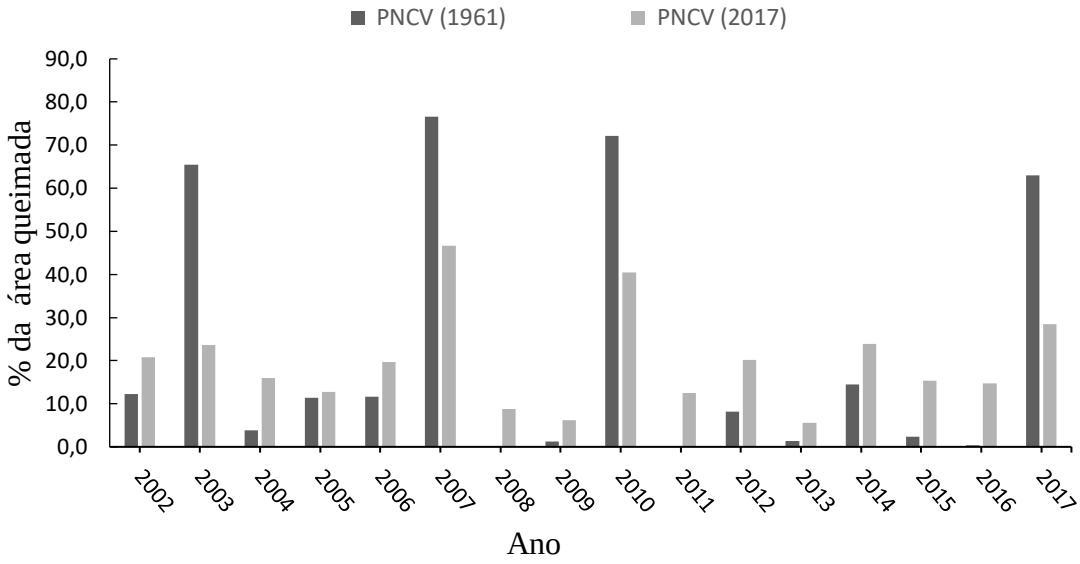

Figura 7. Porcentagem de áreas atingidas por fogo dentro dos limites do PNCV de 1961 e 2017.

A análise da distribuição espacial da ocorrência dos incêndios florestais na área de estudo sugere que a maior parte das áreas atingidas por fogo dentro dos limites do PNCV definidos em 1961, ocorreram em suas bordas. Esta característica espacial indica que o fogo provavelmente teve origem fora da UC e se propagou para seu interior (TATAGIBA, 2010).

Os incêndios ocorridos dentro dos novos limites do PNCV mostram uma distribuição mais dispersa. Provavelmente, isso ocorreu porque no período de análise esta área não havia sido criada e definida como UC, e, por conseguinte, haviam menos esforços para o controle da ocorrência e uso do fogo. A dinâmica espaço-temporal dos incêndios ocorridos entre 2002 e 2017 na área de estudo é apresentada na Figura 8.

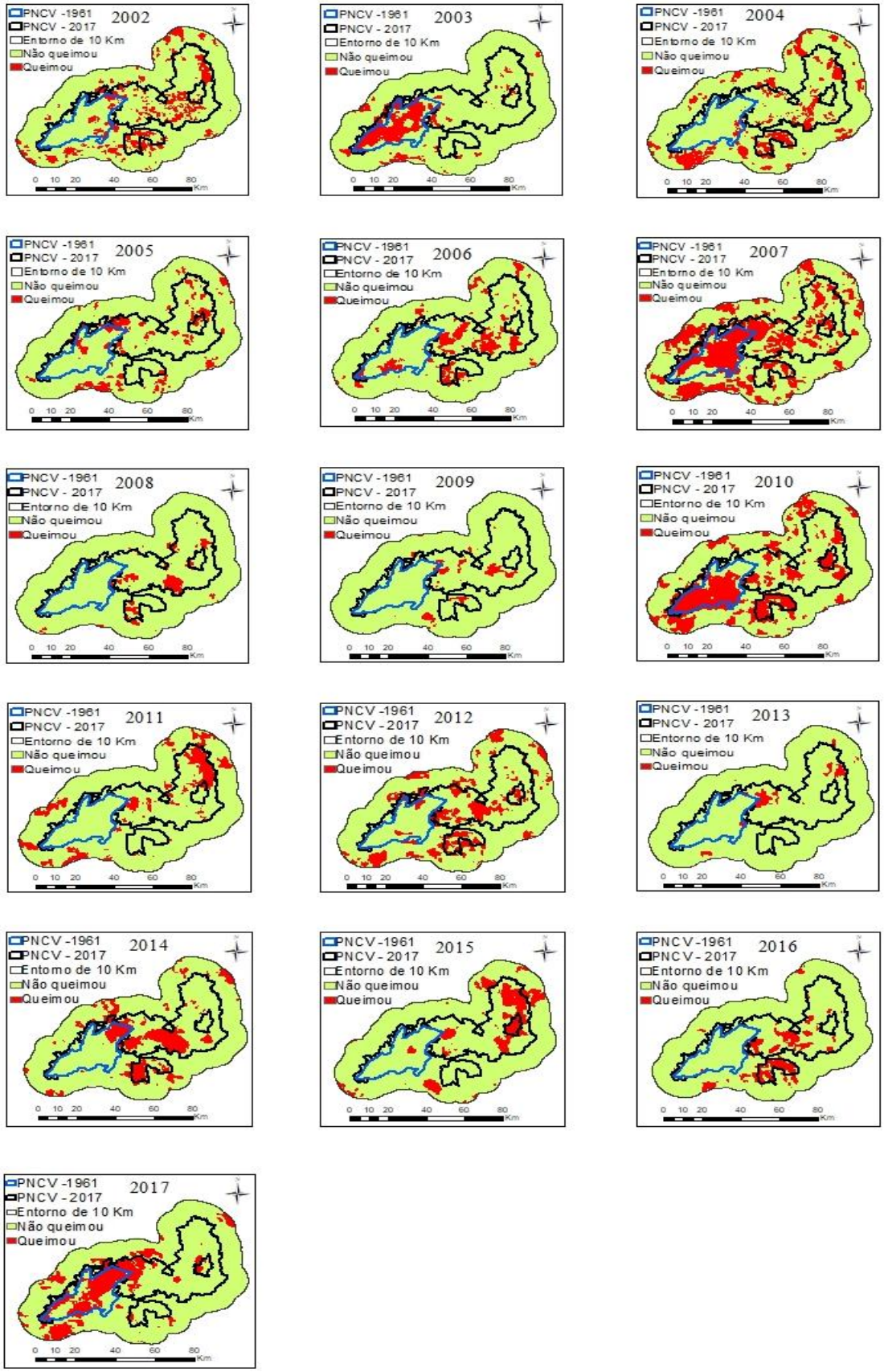

Figura 8. Mapeamento de incêndios realizado pelo produto MODIS para o período de 2002 a 2017.

6.3 Recorrência de incêndios florestais na área de estudo.

A recorrência dos incêndios florestais se refere aos intervalos de retorno do fogo numa mesma área (HEINSELMAN, 1981). A sua análise é muito importante para prever as áreas de maior risco de fogo e as áreas não atingidas que, dessa forma, também ficam suscetíveis ao fogo devido ao maior acúmulo de biomassa combustível (FRANÇA et al., 2007), distribuição e conteúdo de umidade da vegetação (SHULE, 1990). As tabelas 5, 6 e 7, resultantes da sobreposição das áreas atingidas por fogo anualmente, mostram a recorrência de áreas queimadas no período de 2002 a 2017 dentro dos limites do PNCV e seu entorno.

Tabela 5. Recorrência dos incêndios florestais ocorridos entre 2002 e 2017 no entorno do PNCV.

Recorrência de queimadas	Área	%
Não queimou	186.704,3	49,7
Queimou 1 vez	59.975,6	16,0
Queimou 2 vezes	41.085,7	10,9
Queimou 3 vezes	32.671,1	8,7
Queimou 4 vezes	25.329,7	6,7
Queimou 5 vezes	17.838,1	4,8
Queimou 6 vezes	8.436,1	2,2
Queimou 7 vezes	3.219,9	0,9
Queimou 8 vezes	236,1	0,1
Queimou 9 vezes	21,5	0,0
Queimou 10 vezes	21,5	0,0

Tabela 6. Recorrência dos incêndios florestais ocorridos entre 2002 e 2017 dentro dos limites territoriais atuais (2017) do PNCV.

Recorrência de queimadas	Área	%
Não queimou	79.013,0	32,8
Queimou 1 vez	26.016,6	10,8
Queimou 2 vezes	26.746,5	11,1
Queimou 3 vezes	34.860,6	14,5
Queimou 4 vezes	40.484,6	16,8
Queimou 5 vezes	18.160,1	7,5
Queimou 6 vezes	8.865,4	3,7
Queimou 7 vezes	4.014,1	1,7
Queimou 8 vezes	1.867,5	0,8
Queimou 9 vezes	450,8	0,2
Queimou 10 vezes	107,3	0,04

Tabela 7. Recorrência dos incêndios florestais entre 2002 e 2017 dentro dos limites territoriais do PNCV definidos em 1961.

Recorrência de queimadas	**Área**	**%**
Não queimou	13.394,4	20,7
Queimou 1 vez	3.799,5	5,9
Queimou 2 vezes	6.353,9	9,8
Queimou 3 vezes	12.579,0	19,4
Queimou 4 vezes	21.787,9	33,6
Queimou 5 vezes	5.924,6	9,1
Queimou 6 vezes	957,0	1,5
Queimou 7 vezes	0,0	0,0
Queimou 8 vezes	0,0	0,0
Queimou 9 vezes	0,0	0,0
Queimou 10 vezes	0,0	0,0

Aproximadamente 50% o entorno não queimou nenhuma vez no período analisado. Aproximadamente 16% da área de estudo queimou uma (1) vez; 11% queimou duas (2) vezes; aproximadamente 9% queimou três (3) vezes; cerca de 7% queimou (4) vezes; cerca de 5% queimou cinco (5) vezes; aproximadamente 2,2% queimou seis (6) vezes; e menos de 1% queimou de sete (7) a dez (10) vezes (Figura 9).

Aproximadamente 33% da área atual do PNCV não queimou; cerca de 11% queimou uma (1) a duas (2) vezes; 14,5% queimou três (3) vezes; 16,8% queimou (4) vezes, sendo a frequência mais comum para essa área; cerca de 7,5% queimou cinco (5) vezes; aproximadamente 3,7% queimou seis (6) vezes; em torno de 1,7% queimou sete (7) vezes; e menos de 1% queimou de oito (8) a dez (10) vezes (Figura 9).

Aproximadamente 21% da área do PNCV definida em 1961 não queimou; a maior parte da área queimou no mínimo quatro (4) vezes, não havendo recorrência de incidência de queimadas superiores a 6 vezes (Tabela 7 e Figura 9).

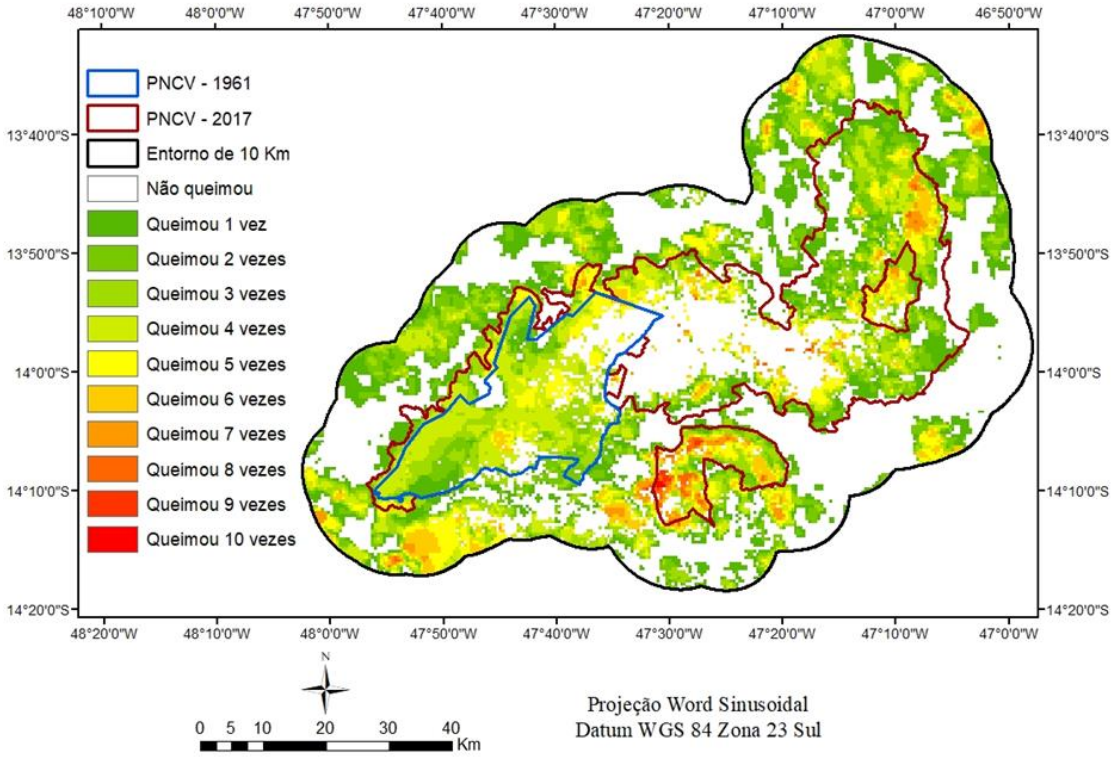

Figura 9. Distribuição espacial da recorrência dos incêndios florestais na área de estudo entre 2002 e 2017.

As áreas não atingidas por fogo estão distribuídas por toda a região de estudo, concentrando-se na parte sudeste do entorno do PNCV. Essa parte da região estudada é predominantemente ocupada por pastagens e, portanto, tem o fogo controlado pelos proprietários, que restringem a propagação em áreas ocupadas por animais de criação. Desta forma, destaca-se a necessidade de maiores esforços de fiscalização e ações de educação ambiental na região de estudo buscando reduzir a ocorrência de incêndios florestais no entorno de dentro do PNVC (TATAGIBA, 2010).

As áreas com maior ocorrência do fogo (de 6 a 10 vezes) também estão distribuídas por toda a área de estudo. Entretanto, observou-se a tendência de concentração na região sudoeste e sul do entorno e nas bordas dos limites atuais do PNCV, onde os tipos de uso da terra mais atingidos foram a vegetação campestre (mais abundante na região) e as formações florestais (mais suscetíveis ao fogo).

Incêndios com maior incidência sobre a vegetação campestre indicam a presença de mais material combustível e a ausência de manejo do fogo dentro dos novos limites do PNCV. Entre as causas de incêndios nas formações florestais está a menor adaptabilidade das espécies ao fogo e, considerando que a região pode estar com frequência de fogo acima do regime normal, devido a ação antrópica (FELFILI et al., 2005) haverá alteração

da estrutura lenhosa e favorecimento da vegetação rasteira (MIRANDA; SATO 2005), resultando em alterações significativas da cobertura vegetal, o que é prejudicial quando se trata de uma UC.

Cabe ressaltar que eventos sucessivos em intervalos menores de queima, como no caso do período estudado, causam danos mais acentuados na vegetação (SATO et al., 2010). Como consequência, ocorre a redução progressiva na diversidade de espécies e a simplificação na estrutura da vegetação (DURINGAN et al., 1994) trazendo prejuízos a manutenção e efetividade do Parque.

6.4 Aspectos que interferem na incidência de incêndios florestais.

Com base nos resultados do mapeamento dos incêndios ocorridos no período de 2002 a 2017, estimou-se que a probabilidade incondicional de ocorrência do fogo é de 13,3% em toda a área deste estudo.

Os resultados estatísticos das variáveis que afetam a ocorrência e propagação do fogo na área de estudo estimados com o modelo *Probit* estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados da regressão *Probit*.

Variáveis	Coef.	Erro padrão	z	P>z	Intervalo de confiança (95%)	
Aspecto	-2,82E-06	0,00018030	-0,02000000	0,98700000	-0,00035620	0,00035050
Altitude	0,0014983	0,00008270	18,13000000	0,00000000	0,00133640	0,00166030
Cidades	0,0000172	0,00000190	9,07000000	0,00000000	0,00001350	0,00002090
Inclinação	0,0103017	0,00233800	4,41000000	0,00000000	0,00571930	0,01488410
Estradas	0,0000166	0,00000344	4,83000000	0,00000000	0,00000985	0,00002330
Latitude	-3,56E-06	0,00000075	-4,75000000	0,00000000	-0,00000503	-0,00000209
Longitude	3,93E-06	0,00000107	3,69000000	0,00000000	0,00000184	0,00000602
Ano (omitido-2002):						
Ano 2003	-0,1292875	0,08690100	-1,49000000	0,13700000	-0,29961030	0,04103530
Ano 2004	0,076109	0,08292570	0,92000000	0,35900000	-0,08642230	0,23864040
Ano 2005	-0,2684128	0,08973760	-2,99000000	0,00300000	-0,44429530	-0,09253030
Ano 2006	-0,1578159	0,08759800	-1,80000000	0,07200000	-0,32950470	0,01387300
Ano 2007	0,6905302	0,07774870	8,88000000	0,00000000	0,53814560	0,84291480
Ano 2008	-0,7675439	0,10822780	-7,09000000	0,00000000	-0,97966640	-0,55542130
Ano 2009	-0,9270744	0,11773910	-7,87000000	0,00000000	-1,15783900	-0,69631010
Ano 2010	0,5613384	0,07831810	7,17000000	0,00000000	0,40783780	0,71483890
Ano 2011	-0,1342122	0,08656900	-1,55000000	0,12100000	-0,30388440	0,03546000
Ano 2012	0,1930076	0,08159640	2,37000000	0,01800000	0,03308160	0,35293360
Ano 2013	-1,054606	0,12684100	-8,31000000	0,00000000	-1,30320900	-0,80600200
Ano 2014	-0,0977297	0,08641630	-1,13000000	0,25800000	-0,26710260	0,07164310
Ano 2015	-0,1618127	0,08727920	-1,85000000	0,06400000	-0,33287680	0,00925130
Ano 2016	-0,3653147	0,09266650	-3,94000000	0,00000000	-0,54693770	-0,18369160
Ano 2017	0,0626829	0,08360090	0,75000000	0,45300000	-0,10117170	0,22653760
Limites (omitido-entorno):						
UC Antiga	-0,0409757	0,05681610	-0,72000000	0,47100000	-0,15233320	0,07038170
UC Nova	0,2767825	0,03966610	6,98000000	0,00000000	0,19903850	0,35452660
Pseudo R2 = 0,2076; n = 1559						
Probabilidade incondicional de ocorrência de incêndio na área de estudo = 13,3%						

Com base nos resultados do modelo *Probit* para a área de estudo, observou-se que o efeito do aspecto (orientação) das encostas não foi estatisticamente significativo na ocorrência do fogo. Isso não indica, entretanto, que esse fator não tenha influência nenhuma no comportamento do fogo e, portanto, deve ser devidamente considerado para o controle, monitoramento e combate ao fogo na área de estudo.

A variação da altitude apresentou influência positiva e significativa a 99% de probabilidade. Além disso, a altitude teve um dos maiores efeitos (aproximadamente 14%) estimados para a ocorrência do fogo na área de estudo. Quanto maior a altitude, maior a probabilidade de ocorrência do fogo na área estudada (Figura 10). De acordo com a literatura, esperava-se uma relação inversamente proporcional, pois o aumento da altitude implica na redução da temperatura, que torna a ocorrência do fogo menos provável (RIBEIRO et al., 2008). Entretanto, Tatagiba (2010), ao avaliar o efeito de altitude na probabilidade de ocorrência de incêndios no PNCV, constatou que a relação entre altitude e a probabilidade de ocorrência do fogo é inversamente proporcional. Tal comportamento é devido ao tipo de vegetação dominante (vegetação campestre) nas áreas de maior altitude, aliado à maior velocidade dos ventos nas áreas de morro (CHENEY; SULLIVAN, 2008) que favorecem a ocorrência e propagação do fogo, além de serem áreas de difícil acesso, que dificultam o controle e combate aos incêndios florestais (FIEDLER et al, 2006).

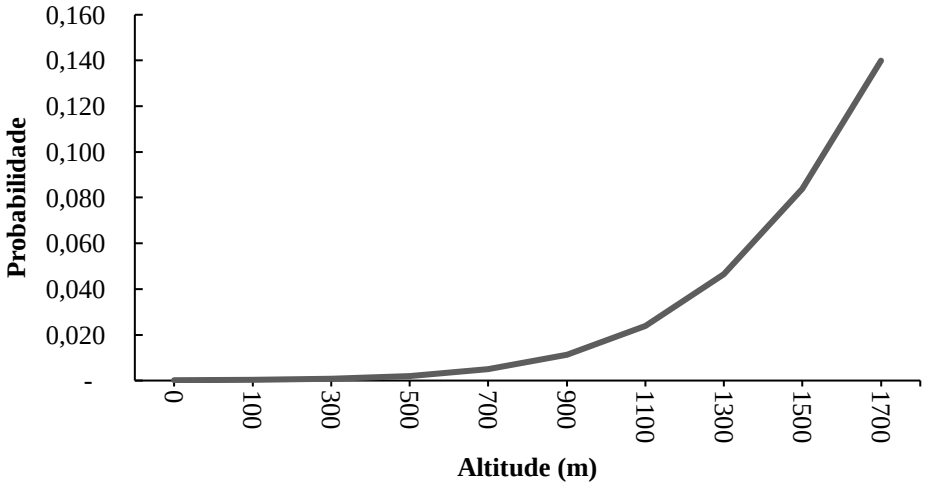

Figura 10. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável altitude.

O efeito estimado da ocorrência de incêndios próximos a cidades é significativo (99% de probabilidade) e positivo, ou seja, quanto mais distante das cidades maior a

probabilidade de incêndios. A probabilidade aumenta em 3% quando se distancia até 52 quilômetros dos centros urbanos da região (Figura 11). Este resultado é similar ao encontrado por Tatagiba (2010) para o PNCV, que indica que os incêndios podem eventualmente iniciar próximo das cidades, mas se propagam para regiões mais distantes, onde o seu controle é ainda mais difícil.

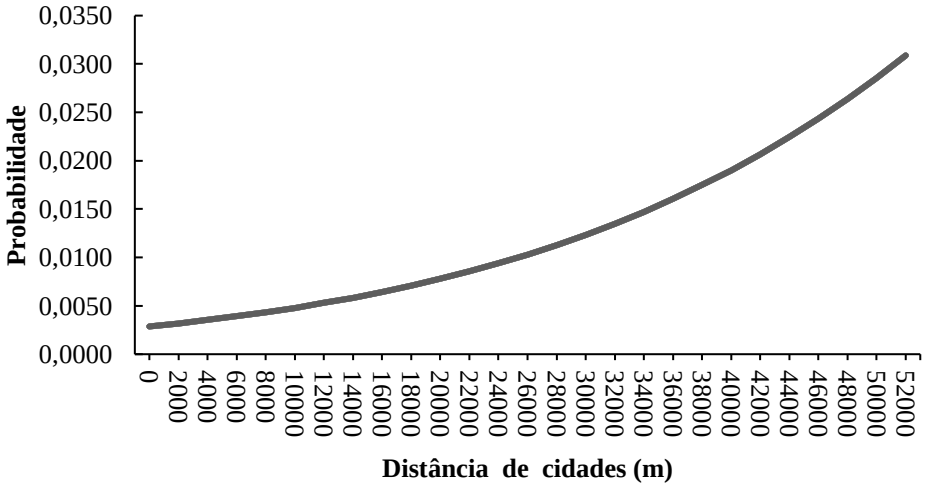

Figura 11. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável distância de cidades.

O efeito da inclinação do relevo do terreno na ocorrência e propagação do fogo foi positiva e significativa a 99% de probabilidade. A probabilidade de ocorrência do fogo aumenta em aproximadamente 5% quando a inclinação aumenta de 0 a 75 graus (Figura 12). Este resultado está de acordo com o observado por Ribeiro et al (2008), que concluiu que em áreas de aclive o material combustível, acima da frente do fogo, está mais perto das chamas comparado à terrenos planos, favorecendo a propagação do fogo. De acordo com Soares e Batista (2007), um incêndio se propagando em aclive acentuado pode se assemelhar a um incêndio se propagando no plano, quando a velocidade dos ventos pode aumentar a velocidade de propagação.

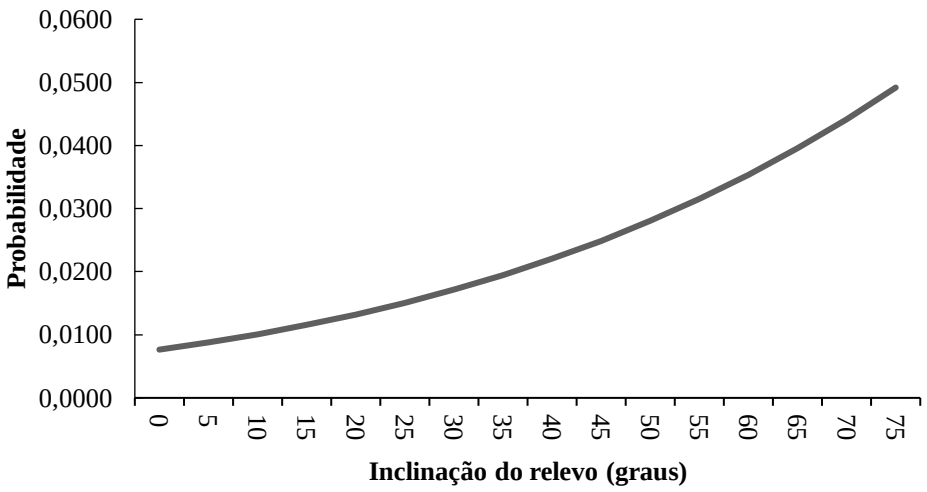

Figura 12. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável inclinação do relevo.

A ocorrência do fogo e a distância das estradas também apresentou relação positiva e significativa a 99% de probabilidade (Figura 13). A relação esperada normalmente seria negativa, visto que estradas permitem o acesso de pessoas e veículos, causando maiores riscos por fatores como: cultos religiosos, presença de cigarros acesos, pequenas fogueiras, incêndios criminosos, entre outros (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998). Nesse caso, essa variável pode ser considerada como fonte de ignição (BATISTA, 2004), onde o fogo tem início, mas se propaga para áreas mais distantes. Para estudos futuros, recomenda-se que sejam considerados outros meios de acesso à área de estudo, tais como estradas secundárias e trilhas, que são muito comuns na região do Parque e podem ter efeito na ocorrência do fogo. De qualquer modo, esta variável tem pequeno efeito sobre a ocorrência do fogo, pois pode aumentar 2,4% em aproximadamente 30 quilômetros de distância das estradas.

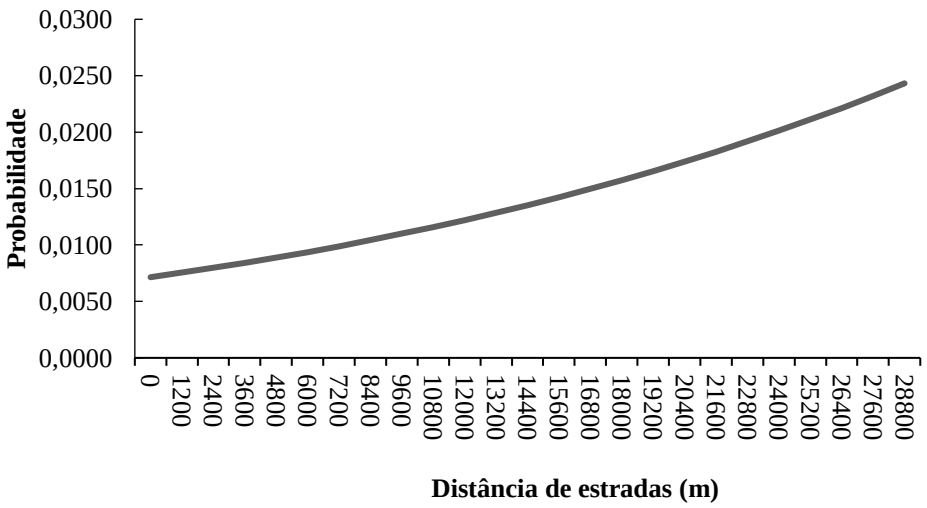

Figura 13. Probabilidade da ocorrência de incêndios com relação a variável distância de estradas.

As variáveis espaciais latitude e longitude (localização espacial) apresentaram significância estatística (99% de probabilidade). A latitude tem influência negativa à ocorrência de fogo, ou seja, quanto maior for a latitude, menor a incidência de fogo. Já a longitude apresentou influência positiva para a ocorrência do fogo, ou seja, quanto maior a longitude, maior a probabilidade de ocorrência do fogo. De acordo com estes resultados, a probabilidade de ocorrência dos incêndios florestais aumenta no sentido leste para oeste e no sentido de sul para norte.

Nem todos os anos foram estaticamente significativos na probabilidade de ocorrência de fogo comparado ao ano de 2002 (variável omitida no modelo *Probit*). A ocorrência dos incêndios florestais foi significativamente (99% de probabilidade) superior em 2007 e 2010 em todo o período e área de estudo. Outros anos como 2005, 2008, 2009, 2013 e 2016 também foram significativos para a ocorrência dos incêndios florestais, entretanto não tiveram efeitos substanciais no aumento da probabilidade da ocorrência do fogo (Figura 14).

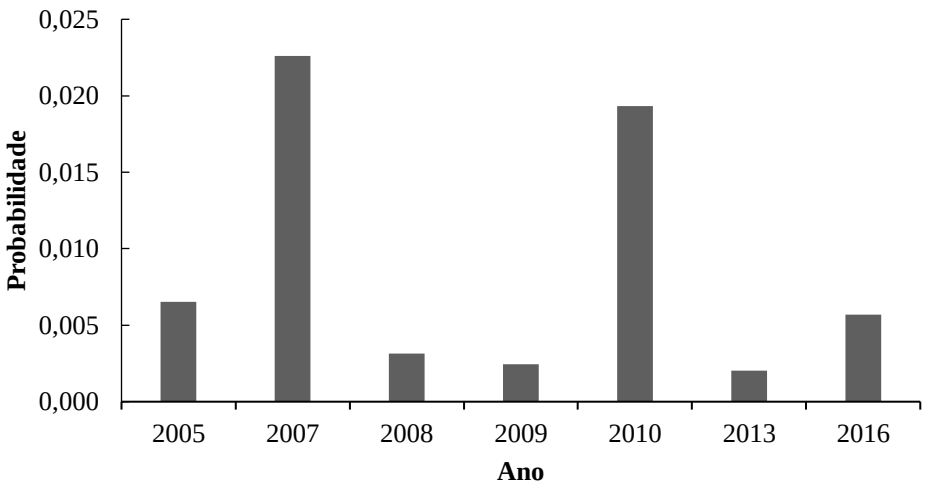

Figura 14. Probabilidade da ocorrência de incêndios entre 2002 e 2017 (2002 variável omitida) estimada utilizando o modelo *Probit* para a área de estudo.

Ainda com base nos resultados da aplicação do modelo *Probit* neste estudo, foi observado que a ocorrência de fogo dentro da área antiga (definida em 1961) do PNCV de 1961 não foi significativa. Ou seja, dentro desses limites há menor ocorrência de fogo comparada com o seu entorno. Por outro lado, a ocorrência do fogo dentro da área atual (definida em 2017) do PNCV foi significativa (99% de probabilidade) e positiva, indicando que a ocorrência de incêndios florestais é mais provável dentro do PNVC que no seu entorno.

Os resultados deste estudo destacam a importância da ampliação do Parque efetivada em 2017 frente a pressão antrópica do entorno, visando ampliar a área de proteção e controle do fogo. É provável que os incêndios na área de estudo se iniciam fora do PNCV e, subsequentemente, propagam-se para o interior, tendo em vista os resultados estatísticos observados das variáveis “distância de cidades” e “distância de estradas” neste estudo.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados desta análise indicam que as áreas naturais, especialmente a vegetação campestre e as formações florestais são as mais abundantes e mais atingidas por fogo em toda a área de estudo. As atividades de pastagem e a agricultura são as maiores ameaças ao PNCV, tendo em vista o desmatamento e o uso incorreto do fogo dentro das propriedades presentes na zona de amortecimento do Parque, destacando a necessidade de fiscalização das áreas naturais e ações de educação ambiental.

Os dados do produto MODIS MCD64A1 indicam a ocorrência periódica de grandes incêndios florestais na área de estudo, especialmente observados em 2007 e 2010. Entretanto, pequenos eventos de fogo ocorreram em todo o período e área de estudo, que reforçam a necessidade de estratégias de controle e combate aos incêndios dentro do PNCV e em sua zona de amortecimento. Dessa forma a ampliação da área do Parque contribui para fortalecer as ações de controle e combate aos incêndios florestais e a continuidade das áreas naturais prioritárias para a conservação que antes não se encontravam protegidas.

O produto MODIS MCD64A1 e os dados do projeto MapBiomas são muito úteis para melhor compreensão da ocorrência e da propagação dos incêndios no Cerrado, e compreensão da dinâmica espaço-temporal do uso da terra, respectivamente. Entretanto recomenda-se, sempre que possível, para obtenção de um resultado mais exato, a avaliação da acurácia destes produtos.

Os resultados da análise estatística utilizando o modelo *Probit* indicam que a variação em altitude é o fator com maior efeito na ocorrência do fogo na área de estudo. Outros fatores como a distância das cidades e distância das estradas são significativos, mas apresentaram pequeno efeito. Assim, a ocorrência do fogo é mais provável nas áreas mais altas, mais distantes dos centros urbanos e das estradas. Isto implica dizer que o fogo pode iniciar em diferentes localidades e se propagar para áreas mais distantes da presença humana, onde é o acesso e o controle é mais difícil.

A conservação do Cerrado depende da criação e ampliação de Unidades de Conservação e redução da pressão antrópica sobre os recursos naturais. As atividades de manejo e conservação de áreas silvestres precisam ser ampliadas e trabalhadas a partir de dados de pesquisas que possam servir como referência para a tomada de decisão para elaboração de normas e políticas públicas com tal finalidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. S. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel. p.33-74, 1985.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R B.; MARINHO-FILHO, J. S. A diversidade biológica do Cerrado. In: Ludmilla Aguiar; Amabilio J. A. Camargo. (Org.). **Ecologia e Caracterização do Cerrado**. Brasilia: Embrapa Cerrados, p. 19-42, 2004.

ANSELIN, L. *Under the hood: Issues in the specification and interpretation of spatial regression models.* ***Agricultural Economics***, v. 27, n. 3, p. 247-267. 2002.

ARAÚJO, F. M. DE. Mapeamento de áreas queimadas no bioma cerrado a partir de dados MODIS MCD45A1. 103 p. **Dissertação de Mestrado em Geografia**, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

ARAÚJO, F. M. DE.; JÚNIOR, L. G. F. Validação do produto MODIS MCD45A1 área queimada utilizando imagens LANDSAT TM para o bioma Cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. **Anais**... São José dos campos: INPE, 2011. p. 6410-6417. Disponível na biblioteca digital URLib: < http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1569.pdf >. Acesso em: 17 de dezembro de 2017.

ARENS, K. Considerações Sobre as Causas do Xeromorfismo Foliar. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, São Paulo, v. 15, p. 25-56, *july* 1958.

ARIMA, E.; SIMMONS, C.; WALKER, R.; COCHRANE, M. *Fire in the Brazilian Amazon: A spatially explicit model for policy impact analysis.* ***Journal of Regional Science***. v. 47, n. 3, p. 541- 567. 2007.

ATBD, ***Algorithm Theoretical Basis Document***, MapBiomas. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/methodology>. Acesso em: 16 de março de 2018.

BARKER, J.L., HARDEN, M.K., ANUTA, E. A., SMID, J. E., HOUGT, D. MODIS ***Spectral Sensivity Study: Requirements and Characterization. October,*** 84p, 1992.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais**. Floresta 30.** p.45- 54. 2000.

BATISTA, A. C. **Detecção de incêndios por satélites**. Floresta (UFPR), Curitiba, v. 34, n.2, p. 237-241, 2004.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade: em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BEUCHLER, R. GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y.E.; SELIGER,R.; EVA,H.D.;SANO,E.;ACHARD, F.*Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach.* **Appl. Geogr.,** v.58, p. 116-127, 2015.

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. *Fire as a global "herbivore": the ecology and evolution of flammable ecosystems.* ***Trends in Ecology and Evolution***, v. 20, p. 387-394. 2005.

BOND, W.J., WILGEN, B.W. van Wilgen. ***Fire and plants. Population and Community Series 14****. Chapman & Hall, London*. p.263 1996.

BONFIM. V.R.; RIBEIRO G.A.; BRAGA G.M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG. **Revista Árvore** 2003; p. 87-94, 2003.

BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMANN, A. A; HUMBER, M. **MODIS *Collection 5.1 Burned Area Product* - MCD45.** *User's Guide. Version* 3.0.1. 2013.

BOURDETTE, S. D.M.; Guarda-parques e a proteção de valores ambientais e culturais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). 2014. xvi, 155 f., il. **Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais**, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

BRASIL. Decreto de 5 de jun de 2017. Amplia o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, localizado nos Municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Nova Roma, Teresina de Goiás e São João da Aliança, Estado de Goiás. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20152018/2017/dsn/Dsn14471.htm>. Aceso em 10 de junho de 2018.

BRAUMANN, R.; CARNEIRO, F. G. **Os agentes econômicos em processo de integração regional – Inferências para avaliar os efeitos da ALCA**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 33p, 2002.

BRITO, D. M.C.; conflitos em Unidades de Conservação. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 1, p. 1-12, 2008.

BROWN, J.K. ***Ecological principles, shifting fire regimes and management considerations*. In: BROWN, J.K., SMITH, J.K. (Eds.*), Wildland Fire in Ecosystems— Effects of Fire on Flora,*** *USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station*, RMRS-GTR-42. v. 2, p. 185-203, 2000**.**

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. ***Principles of geographical information systems****. Oxford, Oxford University Press.* 1998.

CARVALHO, T.M.; BAYER, M.; FERREIRA. Análise Integrada do Uso da Terra e Geomorfologia do Bioma Cerrado: **Um Estudo de Caso para Goiás. Revista Brasileira de Geografia Física,** v. 1, p. 62-72, 2008.

CHENEY, N. P.; SULLIVAN, A. ***Grassfires: fuel, weather and fire behaviour.*** *CSIRO Publishing*, Melbourne, Victoria. 2ª ed. 161 p, 2008.

CNUC, Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=139>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

COLLETT, L. J., GOULEVITCH, B. M. E DANAHER, T. J. 1998. "SLATS Radiometric Correction: *A Semi-automated, Multi-stage Process for the Standardisation of Temporal and Spatial Radiometric Differences, Queensland Department of Natural Resources".* ***Paper presented ate the 9 th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference,*** *Sydney, NSW, Australia, July* 24, 1998.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 13 de 06 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas referentes às atividades desenvolvidas no entorno das Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=110>. Acesso em 07 de junho de 2018.

CORDEIRO, L. Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.). ***Eugene Warming* e o Cerrado brasileiro**: **um século depois**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo. p. 131-145, 2000.

COUTINNHO, L.M. **O conceito do Cerrado.** Revista Brasileira de Botânica, vol. 1, p 17-23, 1978.

COUTINHO, L. M. *Fire in the ecology of the Brazilian cerrado*. *In*: J. GOLDAMMER (Org.), ***Fire in the tropical biota***. New York, Springer-Velarg, p. 82-105; 1990.

COUTINHO, L.M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.) ***Eugen Warming* e o Cerrado Brasileiro: um século depois.** São Paulo: Editora da UNESP e Imprensa Oficial do Estado. p. 78-91, 2002.

DINIZ, M. **Após ampliação, Parque da Chapada dos Veadeiros assegura título da Unesc**o. EBC, Agencia Brasil, 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-07/apos-ampliacao-parque-da-chapada-dos-veadeiros-assegura-titulo-da-unesco>. Acesso em: 15 de outubro 2017.

DURINGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F.; RODRIGUES, R.R; Phytosociology and structure of a frequente burnt cerrado vegetation in SE-Brasil. **Flora**, v 189, p.153-160, 1994.

EITEN G. ***The Cerrado Vegetation of Brazil. Botanical Review***, n 38. p. 201-341, 1792.

FELFILI, J.M.; SOUSA-SILVA, J.C.; SCARIOT, A. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços do conhecimento. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.). **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p.25-44, 2005.

FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, P.E.; FELFILI M.C. Comparação entre unidades fisiográficas: Chapada Pratinha e Chapada dos Veadeiros. In **Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros** (J.M. FELFILI, A.V. REZENDE, M.C. SILVA JÚNIOR (Org.). Editora Universidade de Brasília/Finatec, Brasília, p.111-117, 2007.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). IPEF-ESALQ. Universidade de São Paulo. ***Scientia Forestalis,*** n. 53, p. 39- 48. 1998.

FERREIRA JR, G. L.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, E. M**. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte**. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* , v. 30, p. 1-23, 2008.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A. ; MEDEIROS, M. B. . **Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Ciência Florestal** , v. 16, p. 153-162, 2006.

FRANÇA, H.; SETZER, A.W. **AVHRR *analysis of a savanna site through a fire season in Brazil. International Journal of Remote Sensing***, 2001.

FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M. B.; SETZER, A. O fogo no Parque Nacional das Emas. **MMA, Série Bidiversidade**, v. 27. 2007.

GARCIA, Y. M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental**. Dissertação de Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura,** Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP. UNESP. 2014.

GARCIA, F. N.; FERREIRA, L. G.; LEITE, J. F. **Áreas Protegidas no Bioma Cerrado: fragmentos vegetacionais sob forte pressão**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba - PR. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. São José dos Campos: INPE. p. 4086-4093, 2011.

GRÉGOIRE, J. M.; TANSEY, K.; SILVA, J. M. N. The GBA2000 initiative: developing a global burnt area database from SPOT-VEGETATION imagery. **International Journal Remote Sensing**, v. 24, n. 6, p. 1369-1376, 2003.

GRÉGOIRE, J. M.; EVA, H. D.; BELWARD, A. S.; PALUMBO, I.; SIMONETTI, D.; BRINK, A. Effect of land-cover change on Africa's burnt area. **International Journal of Wildland Fire**, v. 22, p. 107-120, 2013.

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; BRUCE, J.; LEE, H.; CALLANDER, B. A.; HAITES, E.; HARRIS, N.; MASKELL, K. Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change. **Cambridge: Cambridge University Press**. 1995.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros** (Resumo Executivo)**.** Brasília. p. 68, 2009.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Governo cria parque nacional e amplia três UCs.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8960-governo-cria-parque-nacional-e-amplia-tres-ucs>. Acesso em: 31 de agosto de 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphanio. São José dos Campos, SP: Parênteses. p 598, 2009.

JUSTICE, C. O.; GIGLIO, B.; KORONTZI, S.; OWENS, J.; MORISETTE, J.T.; ROY, D.P.; DESCLOITRES, J.; ALLEAUME, S.; PETITCOLIN, F.; KAUFMAN, Y. (2002b). The MODIS fire products. **Remote Sens. Environ**. v. 83, p. 244-262, 2002.

KAUFMAN, Y. J.; ICHOKU, C.; GIGLIO, L.; KORONTZI, S; CHU, D. A.; HAO, W. M.; LI, R, -R.; JUSTICE, C. O. *Fire and smoke observed from the Earth Observing System MODIS instrument – products, validation, and operational use***. *International Journal of Remote Sensing,*** v. 24, n. 8, p. 1765-1781, 2003.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. *Conservation of brazilian Cerrado.* ***Conservation Biology***, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

LATORRE, M. L.; Anderson, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Sensor MODIS: características gerais e aplicações. **Espaço e Geografia (UnB**), UnB, v. 6, p. 97-126, 2003.

LEMES, A.R.N.; DAVOLOS, C.C.; CRIALESI−LEGORI, P.C.B.; FERNANDES, O.A.; FERRÉ, J.; LEMOS, M.V.F.; DESIDERIO, J.A. *Synergism and antagonism between*

Bacillus thuringiensis Vip3A and Cry1 proteins in ***Heliothis virescens, Diatraea saccharalis* and *Spodoptera frugiperda*. PLOS One**, v.9, p.1−8, 2014.

LIMA, J. E. F. W.; Silva, E.M..; KOIDE, S. ***The challenge in managing water resources in the Cerrado Biome, Brazil.* In: XXIV IUGG *General Assembly*, 2007, Perugia.** Proceedings of the XXIV IUGG *General Assembly. UK: IAHS - International Association of Hydrological Sciences*, 2007**.**

LIMA, J. E. F. W. ; SILVA, E. M. da . Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2007.

LIMA, J. E. F. W. ; SILVA, E. M. DA. **Recursos hídricos do Bioma Cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de; RIBEIRO, J.F.. (Org.). Cerrado: Ecologia e Flora. 2ed.Brasília: Embrapa Cerrados, v. 1, p. 90-106, 2008.

LOMBARDI, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens tm/landsat**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 172 p., 2005.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S. ; RAMOS NETO,M.B; RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; AQUINO, F. G..DE. **Atlas de conservação da natureza - Unidades Federais**. São Paulo: Metalivros. p.335, 2004.

MAPBIOMAS. Disponível em: <http://mapbiomas.org/>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

MATOS, Nickolas Mendes de. Incêndios florestais no bioma pantanal: dinâmica espacial e temporal entre 2003 e 2013. 2014. 107 f., il. **Monografia de Bacharelado em Engenharia Florestal**, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

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.

MEDEIROS MB, Fiedler NC. **Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade.** Ciência Florestal. p. 157-168, 2004.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado. *In*: M.S.; S.P. Almeida (Eds.) **Cerrado: ambiente e flora. Embrapa- CPAC**. Planaltina, DF. p. 287- 556, 1998.

MIETTINEN, J. *Burnt area in insular Southeast Asia using medium resolution satellite imagery*. ***Dissertationes Forestales* 45**. 45p. 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado.** Brasília: MMA. 200 p. 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). PPCerrado – **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado: 2ª fase (2014-2015).** Brasília: MMA. 132 p, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>. Acesso em: 21 de novembro de 2017

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **O Bioma Cerrado**. Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 02 de janeiro de 2018.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. **Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado**. In: SACRIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M (organizadores) Cerrado: Ecologia Biodiversidade e Conservação. Ministério do Meio Ambiente. p.95-105, 2005.

MIRANDA, H. S. NETE, N. W., NEVES, B. M. C. **Caracterização das queimadas de Cerrado.** In: MIRANDA, H. S. Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: resultados do Projeto Fogo. IBAMA/MMA, Brasília. p.144 2010.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B.; Kent, J. ***Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature***, v. 403. Pp.853-858, 2000.

NOGUEIRA, S.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. Temporal Visual Inspection: Uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos em séries históricas de imagens de sensoriamento remoto. In: **XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2017, Rio de Janeiro. Anais.** Rio de Janeiro. p. 624-628, 2017

NUNES, J. R. S. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná - Brasil. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

PIROMAL, R. A. S.; RIVEIRA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABURURO, Y.E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. **Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. Revista Acta Amazônica.** Vol. 38 (1). pg. 77 – 84, 2008.

PIVELLO, R.V. Os cerrados e o fogo. ComCiência (UNICAMP), v. 105, p. 1, 2009.

REATTO, A. et al. **Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA Informações Tecnológicas. v. 1, p. 109-149, 2008.

RIBEIRO, J, F.; WALTER, B.M.T. 1998. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: os biomas do Brasil. In: Cerrado: ambiente e flora.** EMBRAPA, Planaltina, DF. P.89-116, 1998.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds. Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212, 2008.

RIGOLOT, E. Combustíveis. In: REGO, F.C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado.** Trás-OS-Montes: Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro.p.35-38, 1990.

ROCKTAESCHEL, B. O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros como Destino Ecoturistico. **Monografia de especialização**, Universidade de Brasília. Centro de Excelência em Turismo. Brasília, 2003.

ROSA, R. A. **Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6. Manaus, 1990, **Anais...** São José dos Campos, INPE. v. 2, p. 419-425, 1990.

ROSA, R.A. SSUNÇÃO, W. L.; SANO, E. E. Geotecnologias Aplicadas ao Mapeamento de Risco de Incêndio Florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e Área de Entorno. **Dissertação de Mestrado em Geografia**, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

ROY, D. P.; LEWIS, P.; JUSTICE, C. ***Burned area mapping using multi-temporal moderate spatial resolution data – a bi-directional reflectance model-based expectation approach. Remote Sensing of Environment***, v. 83, p. 263 - 286, 2002.

SÁ, R.M.L. FERREIRA, L.V. **Áreas Protegidas ou Espaços Ameaçados;** WWF; 35 p, 1999.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. ***Synthetic aperture radar (L-band) and optical vegetation indices for discriminating the Brazilian savanna physiognomies: A comparative analysis. Earth Interactions***, v. 9, Artigo n. 15, p. 1-15, 2005.

SATO, M. N ; MIRANDA, H. S. ; MAIA, J. M. F. . **O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e a longo prazo.** In: Heloisa Sinátora Miranda. (Org.). Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo. 1ed.Brasília: IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, v. p. 77-91, 2010.

SCARIOT, A.; SILVA, J. C. S.; FELFILI, J. M. Ce**rrado: ecologia biodiversidade e conservação**. In: FELFILI, J. M.; SILVA, J. C. S.; SCARIOT, A. (ed). Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. Brasília: Ministério do Meio Ambinte, cap 1, p 27-44, 2005.

SILVA, J. M. C. ; BATES, J. M. . **Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. Bioscience** (Washington) , v. 52, n.3, p. 225-233, 2002

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

STRAHLER, A.; MUCHONEY. D.; BORAK, J.; FRIEDL, M.; GOP AL, S.; LAMBIN, E.; MOODY, A. *MODIS Land Cover and Land-Cover Change products algorithm theoretical basis document (A TBD). Version 5.0, Center for Remote Sensing, Department of Geography, Boston University, May*, 72 p. 1999.

TATAGIBA, M. M. A. Estudo da Dinâmica Espacial e Temporal dos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal,** Universidade de Brasília, Brasília, DF, 92p. 2010.

TYC, G.; TULIP, J.; SCHULTEN, D.; KRISCHK, M.; OXFORT, M. ***The RapidEye mission design. Acta Astronautica,*** v. 56, n. 1-2, p. 213-219, 2005.

UICN. ***Protected areas and demographic change: planning for the future. Gland, Switzerland***. IUCN, 1992.

UNESCO. **Vegetação no Distrito federal: tempo e espaço**. p. 74, 2000.

USGS. LP DAAC. ***Land Processes Distributed Archive Center***. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mcd45a1>. Acesso em: 3 de outubro de 2017.

WALTER, B. H. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. **Tese de doutorado**, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. p. 373, 2006.

WEISS, C. V. C.; LIMA, L. T.; TERCEIRO, A. M.; GAUER, N. P. Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu - PR. Anais**, 2013.

WHELAN, R. J. ***The ecology of fire.*** *Cambridge University Press, Cambridge*. p. 346, 1995.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A modern approach. South-Western College Publishing**, 2000.

WOOLDRIDGE, J.M. **Introdução à Econometria -uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 4 ed. P.701, 2010.

ZHAN, X. SOHLBERG, R. A.; TOWNSHEND, J. R. G.; DIMICELI, C.; CARROLL, M. L.; EASTMAN, J. C.; HANSEN, M. C.; DEFRIES, R. S. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 336-350. 2002.