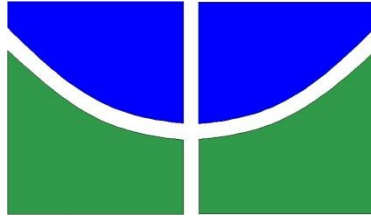


**Dinâmica dos Incêndios Florestais no
Parque Nacional Grande Sertão Veredas**

Luana Duarte de Faria

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



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

Luana Duarte de Faria

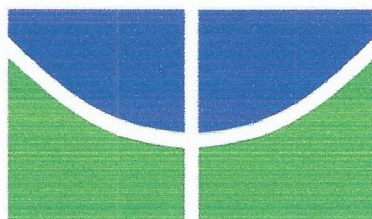
**Dinâmica dos Incêndios Florestais no
Parque Nacional Grande Sertão Veredas**

Linha de pesquisa: Geoprocessamento e Incêndios Florestais

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

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido
Trondoli Matricardi

1 de Julho de 2019



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

Dinâmica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional Grande Sertão Veredas

Estudante: Luana Duarte de Faria

Matrícula: 13/0143588

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

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

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

MSc. Larissa Moreira Alves Granado
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Brasília-DF, 1 de julho de 2019.

Agradecimentos

Agradeço a todos que, de uma forma direta ou indiretamente, contribuíram em parte da minha formação. Primeiramente, à Universidade de Brasília pelo ambiente e aprendizado que esta instituição pôde me proporcionar e ao projeto de concessão da bolsa de estudo para a possível conclusão do curso. À todos os professores do departamento de Engenharia Florestal que fizeram parte da minha conquista, pelos ensinamentos durante todos os anos do meu programa de graduação. E, em especial, ao meu professor e orientador Eraldo Matricardi pela amizade, paciência e ao grande conhecimento que me foi repassado na elaboração deste trabalho, sendo um exemplo a seguir de profissional.

Obrigada aos meus pais pelo amor, incentivo e o apoio incondicional, pois esta foi uma contribuição muito valiosa. À minha companheira de vida e meu amor Nathalia pela paciência, carinho e cumplicidade, em especial ao grande incentivo nas horas difíceis de desânimo e cansaço, foi fundamental nesta trajetória. Aos meus familiares, em especial, a minha vó Horizontina, que sempre estiveram presentes em meu coração. E, por fim, a minhas amizades verdadeiras que construí nesta instituição, agradeço pelos momentos incríveis e de muitas risadas.

RESUMO

Dinâmica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional Grande Sertão Veredas

Este estudo incluiu uma análise da distribuição espacial e temporal dos incêndios florestais no Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PNGSV) utilizando dados do produto Modis MCD64A1, entre 2001 e 2017, e a avaliação dos impactos causados pelos incêndios na vegetação usando o índice de vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) derivado de imagens espectrais MODIS reflectância da superfície. Os dados foram obtidos e processados usando a plataforma do *Google Earth Engine* para estimar a área total queimada e identificar os tipos de uso e cobertura da terra definidos pelo projeto Mapbiomas mais atingidos por fogo na área de estudo. Os resultados indicam que pelo menos 15% do território do PNGSV foi atingido por fogo no período de estudo. As formações campestres e savânicas foram as fitofisionomias naturais mais atingidas pelo fogo. Nas paisagens antropizadas, o fogo atingiu, predominantemente, os mosaicos de agricultura e pastagens. A análise do NDVI indica que as maiores áreas queimadas ocorreram em 2004, 2007 e 2010, que precisaram de 2 a 3 anos após a queima para alcançar valores considerados normais do índice de vegetação. Quando um novo evento de fogo ocorre no período de recuperação, os impactos na vegetação são considerados ainda mais severos.

Palavras-chaves: Modis MCD64A1, NDVI, Cerrado, Incêndios Florestais.

ABSTRACT

This study included an analysis of the spatial and temporal distribution of forest fires in the Grande Sertão Veredas National Park (PNGSV) using data from the Modis MCD64A1 product, between 2001 and 2017, and the fire impact assessment in native vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from MODIS spectral surface reflectance images. The total area impacted by fire was detected, estimated, and compared to the land use and land cover dataset provided by the Mapbiomas project for the study area. These study results indicate that at least 15% of the territory of the PNGSV was burned during the study period. The most impacted native vegetation types by fires were the grass and typical savannas. Fire mostly impacted the mosaics of agriculture and pastures within the anthropogenic landscapes. The NDVI analysis indicates that in 2004, 2007, and 2010 fires affected the largest areas in the study site, which needs 2 to 3 years after burning to recovery to normal values of vegetation index. When a new fire event occurred during the recovery period, the impacts on the vegetation were considered even more severe.

.

Keywords: Modis MCD64A1, NDVI, Cerrado, Forest Fires.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO.....	10
2.1.O Fogo.....	10
3. OBJETIVOS	12
3.1 Objetivo Geral	12
3.2 Objetivo Específico.....	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1. Histórico do Desmatamento no PNGSV	12
4.2. Unidades de Conservação como estratégia de Conservação	14
4.3. Produto Modis.....	15
4.4. Índice de Vegetação	16
4.5. MapBiomas	17
5. MATERIAL E MÉTODOS	18
5.1 Caracterização da área de estudo	18
5.1.2 A Ocupação no Entorno.....	20
5.2. Base de Dados	21
5.3. Uso e cobertura da terra	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
7. CONCLUSÃO.....	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

Lista de Anexos

<i>Anexo I: Dinâmica do uso e cobertura da terra no PNGSV entre 2001 e 2017.</i>	<i>39</i>
<i>Anexo II: Percentagem de área queimada por cada tipo de uso da terra entre 2001 e 2017 no PNGSV.</i>	<i>40</i>
<i>Anexo III: Índice de vegetação para as áreas atingidas por fogo no PNGSV entre 2001 e 2017, indicando o ano da detecção da cicatriz do fogo em cor amarelo.</i>	<i>41</i>
<i>Anexo IV: Áreas atingidas por fogo por tipo de uso e cobertura da terra no PNGSV entre 2001 e 2017.....</i>	<i>42</i>

Lista de Figuras

Figura 1: Localização do Parque Nacional Grande Sertão Veredas no estado de Minas Gerais.	19
Figura 2: Área de Uso e Cobertura da terra atingida por fogo anualmente entre 2001 e 2017	25
Figura 3: Ocorrência do fogo entre 2001 e 2010 no Parque Nacional Grande Sertão Veredas	26
Figura 4: Ocorrência do fogo entre 2011 e 2017 no Parque Nacional Grande Sertão Veredas.	27
Figura 5: Tipo de Uso e Cobertura da Terra no último ano de análise (2017).....	28
Figura 6: Área (ha) atingida por fogo por fitofisionomia na área do Parque Nacional Grande Sertão Veredas	29
Figura 7: Percentagem queimada pela área total de cada Uso do Solo	30
Figura 8: Variação dos valores do NDVI entre 2001 e 2016 em áreas atingidas por fogo em 2004, 2007 e 2010, os anos de maior ocorrência de incêndios florestais na área do Parque Nacional Grande Sertão Veredas.	32
Figura 9: Comparação do Índice de vegetação antes e após a ocorrência dos incêndios	33

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais podem trazer inúmeras consequências para os seres vivos e para o meio ambiente pelos seus efeitos diretos no ecossistema. Dentre as consequências da ocorrência do fogo está o aumento da poluição atmosférica e as possíveis mudanças climáticas, causando um grande impacto nos habitats e no funcionamento de todo biossistema (BATISTA, 2004).

O sensoriamento remoto contribui para o monitoramento da flora, favorecendo as respostas quantificadas das transformações que ocorrem na vegetação, em razão de atividades humanas que podem influenciar nas mudanças em larga escala de uma região. (HUETE et.al, 1994). A extensa área territorial do Brasil e as diversas espécies vegetais, facilita o aumento dos focos de queimadas no país. Com isso existe a necessidade de aprimorar as técnicas de detecção dos incêndios florestais, incentivando a adoção de medidas preventivas que podem auxiliar no controle das queimadas e atenuam os prejuízos (BATISTA, 2004). A utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) nas atividades de monitoramento das variáveis do meio ambiente, auxiliam os elementos bióticos, físicos e socioeconômicos do uso e ocupação do solo no Cerrado (ROSENDO, 2005).

Em trabalhos sobre a emissão de gases do efeito estufa é muito comum fazer o mapeamento de áreas queimadas. A obtenção desses dados pode ser feita através de sensores remotos. O produto MCD64A1 derivado de imagens do sensor MODIS utiliza de focos ativos como dados auxiliares para elaborar mapas acumulativos que são utilizados nas coletas de amostras de queimadas e não queimadas, para orientar na especificação das probabilidades. Esse algoritmo híbrido aplica limiares dinâmicos em compósitos multitemporais gerados a partir do índice espectral NBR2 e uma medida de textura temporal e espacial (GIGLIO et al., 2009).

A análise da biomassa e o seu vigor vegetativo pode ser feito através dos índices de vegetação (IV), que utilizam de combinações de valores espectrais que são somados, divididos ou multiplicados de modo a gerar valores entre -1 a 1, indicando o volume de biomassa e a condição da vegetação dentro do pixel. Os valores mais altos e próximos de 1 indicam pixels cobertos por extensões consideráveis de vegetação sadia. Existem diversos tipos de IV e a forma mais

simples de representação é a razão entre dois valores digitais a partir de bandas espectrais distintas (RICHETTI, 2018).

No presente estudo, buscou-se analisar a ocorrência dos incêndios florestais e os impactos na vegetação do Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PNGSV) entre 2001 e 2017 usando dados de sensores remotos. Esta região sofre com um intenso processo de degradação ambiental pelo aumento e modernização das atividades agrícolas, trazendo debates internacionais sobre a questão ambiental. Além do mais é essencial pois conserva importantes espécies, com algumas que enfrentam o mais grave perigo de extinção. Em uma visão estratégica, gera renda, emprego e uma significativa mudança de vida da população local.

Os resultados contribuem para entender a dinâmica espaço-temporal da ocorrência do fogo e de seus impactos na paisagem do PNGSV e podem subsidiar a definição de medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais na região de estudo.

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO

2.1. O Fogo

O fogo é um fator que pode transformar o ambiente desde a fase de formação da terra. Em certas regiões do mundo é um agente muito utilizado e em outras, tem gerado grandes polêmicas pela sua proibição. A Europa Continental não permite o uso do fogo para controle de vegetação, na Inglaterra o uso poderia ocorrer para o controle de determinadas doenças (JACQUES, 2003).

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

Os incêndios florestais provocam diversos danos as árvores, desde o murchamento e queda das folhas da parte aérea, até a morte total dos ramos e troncos. Contudo as queimadas podem reduzir a manutenção e provocar a renovação das árvores (BARCELLOS, 2001).

Apesar do fogo ter um efeito destrutivo e que pode modificar o crescimento das espécies, a taxa de reprodução e a disponibilidade do uso de recursos. Há um tempo o fogo passou a ser visto de uma outra forma, afastando o seu papel de agente destruidor do ambiente. No ramo da ecologia do fogo, considera-se como evento natural e que compõe muitas comunidades vegetais. Existem muitas espécies são estimuladas pelo fogo a florescer, no entanto deve-se considerar a época das queimadas (BARCELLOS, 2001).

No Cerrado o manejo das áreas com o uso do fogo demonstraram a diminuição do capim seco acumulado com o passar dos anos, a manutenção das fitofisionomias de campos e cerrados, a caça de animais como emas e veados em áreas de capim em rebrota, aumento da frutificação e a renovação de algumas espécies (FALLEIRO, 2011).

A prática tradicional de queimadas dos cerrados, campos e veredas, durante a estação seca é comum no Parque Nacional Grande Sertão Veredas como forma de renovação do pasto para a criação de gado das famílias que lá vivem e para a limpeza dos terrenos para plantios. O pastoreio e as práticas de manejo que estão associadas provocam um forte impacto na U.C. A área de estudo está inserida no bioma Cerrado, incluindo também áreas de veredas e matas de galeria que são consideradas muito sensíveis ambientalmente. Apesar do fogo ser um fenômeno comum, os incêndios atingem apenas as bordas das matas, pois a umidade dessas formações é desfavorável à propagação, contudo quando a queimada é mais intensa, esta pode atingir o interior das matas provocando elevadas taxas de mortalidade (FUNATURA, 2003).

A partir desta problemática, a presente pesquisa foi norteada pelas seguintes questões: Qual a área foi atingida por fogo no PNGSV entre 2001 e 2017? Qual o impacto do fogo causado na vegetação? Quais os tipos de vegetação e uso da terra mais afetados pelo fogo? Onde estavam localizadas as áreas mais atingidas por fogo no PNGSV no período de estudo?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Este estudo buscou entender a dinâmica espaço-temporal e os impactos decorrentes nas áreas atingidas por fogo no Parque Nacional Grande Sertão Veredas utilizando os produtos Modis MCD64A1 e NDVI entre 2001 e 2017.

3.2 Objetivo Específico

- Detectar, estimar e localizar as áreas atingidas por fogo no Parque Nacional Grande Sertão Veredas usando dados do produto MODIS MCD64A1;
- Identificar os tipos de cobertura e uso da terra mais afetadas pelo fogo;
- Avaliar os impactos das áreas atingidas por fogo na vegetação usando o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Histórico do Desmatamento no PNGSV

Os incêndios florestais podem ter consequências e impactos irreversíveis de acordo com sua intensidade, desde a perda de biodiversidade e depreciação cênica da paisagem, até a emissão de carbono para a atmosfera (GUIMARÃES, 2014).

Desde 1979 as Unidades de Conservação (UC) realizam os Registros de Ocorrência de Incêndios (ROI), que geram um relativo histórico de áreas queimadas, ferramenta fundamental para a implementação de ações de prevenção e combate a incêndios na UC. A equipe do Ibama sistematizou essas informações, gerando Relatórios de Ocorrência de Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Federal, enquanto o Prevfogo gerenciava a prevenção e o combate (IBAMA 2018).

O Centro Especializado Prevfogo vem difundindo aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, Polícias Técnicas, peritos criminais e Corpos de Bombeiros, técnicas que possibilitam localizar as origens e chegar às causas dos incêndios florestais. A determinação de origem e causas dos incêndios florestais não tem como finalidade única e exclusiva a identificação de possíveis infratores, mas

serve principalmente para se trabalhar as causas dos incêndios florestais, podendo retroalimentar um sistema mais eficiente de prevenção e eliminar potenciais riscos de incêndios florestais (MORAIS, 2004).

Os desmatamentos e a caça na região de estudo aumentam e ocorrem de forma ilegal, pela falta de recursos e fiscalização dos órgãos ambientalistas responsáveis pela conservação (ESPÍRITO SANTO, 2012). O uso de produtos adquiridos por sensores remotos são importantes ferramentas para o planejamento de estratégias para a prevenção das espécies e combate dos incêndios, pois indica através dos dados coletados, a época de maior ocorrência das queimadas (PIROMAL, 2008).

O histórico de ocorrência de incêndios no Parque mostra a quantidade de áreas queimadas nos anos de 1998, 1999 e 2000 de aproximadamente 24.050,60 ha, 20.574,85 ha e 22.102,41, ha respectivamente, contabilizando mais de um quarto (26,7%) da superfície do Parque, mostrando que até o ano 2000 não havia um monitoramento eficaz de prevenção e combate dos incêndios na área. No ano de 2001, com a criação de um plano de combate a incêndios e com a contratação de uma equipe de brigadistas, a área queimada diminuiu, mas fez aumentar o número de ocorrências de incêndios que passou em média de 24 para 35 desde da contratação da brigada Prevfogo/IBAMA, responsáveis por detectar os focos de incêndios que rapidamente eram contidos. Entre os anos 2002 e 2003 com a retirada de moradores posseiros no Parque, conseqüentemente a realocação em fazendas do INCRA e uma indenização feita pelo IBAMA, a área queimada diminuiu drasticamente, pois estas pessoas passaram a dar auxílio no trabalho de prevenção e combate dos incêndios (MMA, 2005).

O uso da terra é baseado na criação extensiva de gados, no cultivo de lavouras de milho, arroz, feijão, mandioca e também no extrativismo de produtos do Cerrado praticados por habitantes tradicionais do Parque. Nas últimas décadas, houve fortes mudanças no uso da terra, pela introdução da agricultura mecanizada e dependente de insumos, como agrotóxicos, fertilizantes químicos e sementes transgênicas, praticadas pelos novos habitantes vindos do sul e sudeste do País. Na décadas de 1980 houve um aumento de empresas reflorestadoras de eucalipto e pinus na região, além de proporcionar a redução drástica da vegetação original, provocou alguns outros impactos igualmente

preocupantes, como a poluição ambiental resultante do uso intensivo de agrotóxicos, a queima da palhada de capim após a colheita das sementes, a diminuição da oferta de água e a erosão dos solos (ESPÍRITO SANTO 2012).

Nas áreas que não são utilizadas para o cultivo de monoculturas, o uso do solo é dedicado para a criação extensiva de gado e para a agricultura de subsistência, que podem ocupar áreas de preservação permanente, no caso as veredas, e a construção dos canais de drenagem aumentando os impactos na U.C. O uso do fogo é comum pela população local com o intuito de renovar as pastagens, que na maioria das vezes podem fugir do controle e atingir áreas com alta necessidade de conservação (ESPÍRITO SANTO, 2012).

4.2. Unidades de Conservação como estratégia de Conservação

O Cerrado é considerado um dos *hotspots* para promover a conservação da biodiversidade local, isso em razão da rápida transformação da vegetação natural em cultivados de pastagens plantadas e culturais anuais. Essas transformações provocaram grandes danos ambientais, com a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, aumento do número de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição dos aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações dos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo de carbono e modificações regionais no clima (KLINK, 2005).

Os *hotspots* de biodiversidade são áreas que apresentam uma grande quantidade de espécies endêmicas e que estão perdendo uma considerável parte do seu habitat. Ou seja, o número de espécies ameaçadas, é relativamente superior aos recursos de conservação (MYERS, 2000). É importante considerar a relevância de um bioma ser *hotspot*, em uma visão positiva, a área é reconhecida por outros países, mostrando a sua extensa diversidade biológica, conseqüentemente a sobrevivência das espécies ameaçadas, depende da conservação (FIEDLER, 2004).

O Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC- Lei 9.985/2000) é formado por 12 categorias de UC, se diferenciando pela fragilidade e pela forma como podem ser utilizadas. Em uma visão estratégica, além de conservar os ecossistemas e a biodiversidade, estas áreas podem ser utilizadas para gerar renda, emprego e uma significativa mudança na qualidade de vida da população local (Website MMA, 2019). Klink (2005) acrescenta que:

“um dos principais desafios na conservação do Cerrado será demonstrar a importância que a biodiversidade desempenha no funcionamento dos ecossistemas. O conhecimento sobre a biodiversidade e as implicações das alterações no uso da terra sobre o funcionamento dos ecossistemas serão fundamentais para o debate “desenvolvimento versus conservação”. (KLINK, p.6, 2005).

O Parque conserva importantes espécies do Cerrado, pois apresenta uma fauna bem diversificada, com algumas espécies que enfrentam o mais grave perigo de extinção. Desde da criação da U.C estas ficaram protegidas como: cervo do pantanal (*Blastocerus dichotomus*), rato-de-espinho (*Carterodon sulcidens*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), gato-maracajá (*Leopardus pardalis mitis*), gato-palheiro (*Leopardus colocolo*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), onça-pintada (*Panthera onca*), tatu-canastra (*Priodontes maximus*), onça-parda (*Puma concolor capricornensis*) e tatubola (*Tolypeutes tricinctus*) (FUNATURA, 2003).

É importante considerar que se houver uma extinção em massa de espécies em uma região, o resultado seria um problema de maior impacto, quando comparado com qualquer outro problema ambiental. (MYERS, 2000)

A criação do PNGSV ocorreu no período de mudança política, da ditadura militar para o regime democrático. Esta região sofria um intenso processo de degradação ambiental pelo aumento e modernização das atividades agrícolas, trazendo debates internacionais sobre a questão ambiental. Em 1989 o parque foi criado, após os estudos técnicos feitos pela FUNATURA (MARTINS, 2012).

4.3. Produto Modis

A utilização dos sensores para analisar as áreas queimadas de uma região, aumentou o nível de certeza sobre a localização dos incêndios, pois utiliza de dados com características geométricas e radiométricas do local onde ocorre as queimadas (PIROMAL, 2008). Com isso o produto MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) foi criado para auxiliar nas pesquisas de monitoramento da terra, oceano e atmosfera (JUSTICE, 1998). Alguns estudos apontam que áreas queimadas iguais ou menores que um pixel do sensor MODIS são desfavorecidas em razão da mistura de alvos, comprometendo a

resposta espectral recebida pelo sensor e reduz a qualidade de detecção destes eventos (LIANA, 2005).

O sensor apresenta uma alta resolução radiométrica (12 bits) com 36 bandas espectrais, com um comprimento de onda variando de 0,4 μm a 14,4 μm . Duas das bandas apresentam uma resolução de 250m no nadir, com cinco bandas de 500m e as 29 bandas restantes de 1 km. A varredura deste sensor é de ± 55 graus na órbita EOS de 705 km, no qual alcança uma faixa de 2.330 km, fornecendo uma cobertura global com resolução temporal a cada um ou dois dias. O conjunto de Espelho de Varredura apresenta um espelho frente e verso que gira constantemente para digitalizar ± 55 graus, no qual é comunicado por um codificador de motor, criado para aumentar a eficiência do instrumento cerca de 6 anos. O sistema óptico é formado por um telescópio afocal fora do eixo dos dois espelhos, que é responsável por direcionar a energia para quatro conjuntos de objetivas para a refração (NASA, 2019).

Lima (2009) compara o produto Modis com os outros produtos que também analisam as queimadas e afirma que ele tem a capacidade de mapear áreas queimadas com dimensões de até mesmo 6,25 ha com intervalos quase diário e com melhores estimativas, enquanto os outros produtos as estimativas de área queimada são de 100 ha, isso traria para o Brasil, mapas de queimadas com maior confiabilidade nas estivas de emissão de GEEs (Gases de Efeito Estufa).

O produto usado para as análises das cenas foi o MODIS MCD64A1 disponibilizado mensalmente com nível de processamento e resolução espacial de 500m, contendo informações da quantidade de área queimada e qualidade por pixel. Os dados são produzidos através da reflectância da superfície do sensor MODIS, abordo do satélite Terra e *Acqua*. O algoritmo usa um Índice de Vegetação (VI), derivado das faixas 5 e 7 de refletância de superfície, corrigidas atmosféricamente no infravermelho com ondas curtas. É sensível à queima para criar limiares dinâmicas que são aplicadas aos dados compostos (GIGLIO, 2005).

4.4. Índice de Vegetação

Em sensoriamento remoto as análises de índices de vegetação servem para indicar a presença ou o estado da vegetação monitorada. Esses índices

levam em consideração as combinações lineares, razões ou transformações ortogonais das bandas espectrais (FONTANA, 1998).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é a razão entre a diferença das refletividades das bandas do infravermelho próximo e no vermelho, pelas somas das respectivas refletividades. O estado da vegetação é medido por um indicador sensível, cujo valores variam de -1 a 1, diferente das superfícies que contem água ou nuvens que apresentam valores menor que 0 (BORATTO, 2013).

Esse índice foi criado para melhor explicar o comportamento espectral da vegetação, usando as bandas do visível e infravermelho próximo. O NDVI está associado a parâmetros como a cobertura vegetal, caracterizando o índice de área foliar, biomassa e a radiação absorvida pela fotossíntese, informa também a produção de áreas plantadas podendo diminuir os efeitos de iluminação excessiva das cenas e declividade das superfícies (RAMOS, 2016).

A presença da vegetação nos recursos naturais, é de extrema importância, pois serve como uma proteção que através da sua distribuição e densidade é possível saber o estado de preservação de uma área. (MELO, 2011)

Os índices de vegetação são utilizados para diversas atividades de monitoramento operacional da vegetação, produção agrícola, segurança alimentar e a probabilidade de ocorrência do fogo (HUETE et.al, 1994).

4.5. MapBiomias

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias) é formado por especialistas com o propósito de produzir mapas anuais da dinâmica do uso e cobertura do solo no Brasil e facilitar a disseminação destes dados para estudos em outros países ou regiões interessadas (MapBiomias website, 2019).

Rosa (2016) explica que o MapBiomias é mais inclusivo para mapear florestas, pois considera florestas plantadas e pequenos fragmentos de floresta no entorno dos rios, que não é considerado em outras metodologias. Por isso pode ser utilizado para identificação de áreas de plantio, a recomposição de floresta nativa para criação de corredores locais, análises de fragmentação dos remanescentes de floresta e as análises da situação ambiental das bacias hidrográficas e corpos de água que precisam ser protegidos.

O MapBiomass considera mais os elementos que compõe a floresta, é composto por uma chave de classificação baseada em coletas de solo, vegetação verde, vegetação não-fotossintética e sombras geradas no Modelo Espectral de Mistura de imagens do Landsat (ROSA, 2016).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

O Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PNGSV) está localizado integralmente na sub-bacia hidrográfica do rio Preto (bacia do rio São Francisco), no qual está situado a sua nascente, juntamente com as do ribeirão Mato Grosso e do Córrego do Boi, que são afluentes do rio Carinhanha, este que era a antiga divisa natural da Unidade de Conservação com o estado da Bahia. O PNGSV foi criado através do decreto de nº 97.658 em 12 de abril de 1989 com uma área inicial de 83.353 hectares nos municípios de Chapada Gaúcha, Formoso e Arinos, no estado de Minas Gerais. Em 2004 a área do Parque foi ampliada para 230.714,4 ha, localizada em grande parte dentro do estado da Bahia (aproximadamente de 150.000 ha) e, mais especificamente, no município de Côcos (FREITAS, 2005).

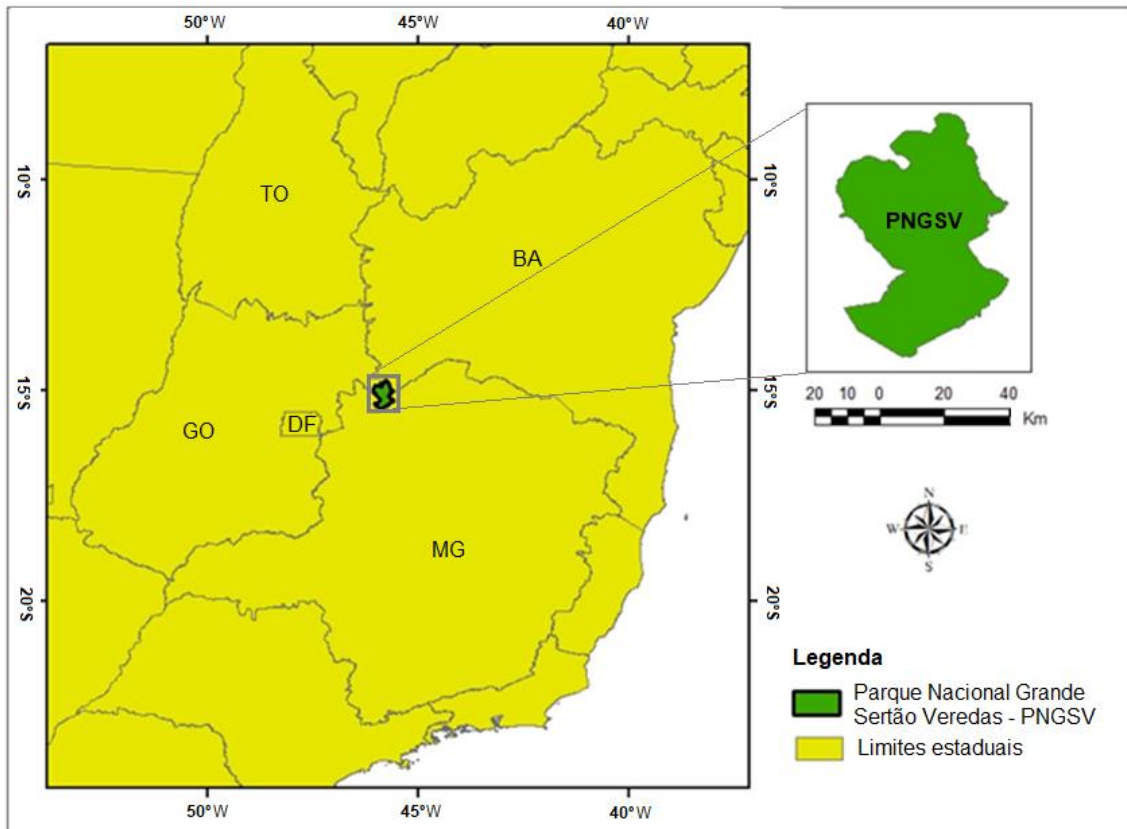


Figura 1: Localização do Parque Nacional Grande Sertão Veredas no estado de Minas Gerais.

O PNGSV está situado numa região de temperatura média anual entre as isotermas de 21°C a 23°C, com uma precipitação total e anual das isoietas de 1050mm a 1200mm. O relevo da região onde está inserido o PNGSV é majoritariamente plano, com a presença de poucos morros com o solo na maior parte sendo arenoso (FREITAS, 2005). Ocorre também a presença de latossolo vermelho-amarelo, nas regiões próximas dos canais de drenagem, que faz com que o material resultante dos processos erosivos, depositam-se e formam os solos hidromórficos, no qual resulta as veredas. Sua declividade varia de 540m a 600m na borda leste e de 600m a 800m do lado oeste (ESPÍRITO SANTO, 2012).

A Unidade de Conservação objeto deste estudo está localizada a 205 Km da Área de Proteção Ambiental (APA) e Parque Nacional (PN) Cavernas do Peruaçu, 45 Km do Parque Estadual Serra das Araras, 60Km da Reserva de Desenvolvimento Sustentado (RDS) Veredas do Acari, 30 Km da APA Estadual Pandeiros, 70 Km da APA estadual do Gibão, 15 Km das Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN's) Veredas do Pacari e Arara Vermelha e 35Km do

Refúgio de Vida Silvestre do Oeste Baiano podendo dar apoio a essas Unidades de Conservação (MMA, 2005).

De acordo com o Plano de Manejo da Unidade de Conservação (UC), elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Fundação Pró-Natureza (FUNATURA) (2003), são encontradas as seguintes fitofisionomias: cerrado sentido restrito (denso e típico), cerradão; cerrado ralo; carrasco; vereda; mata de galeria; formações campestres (campo sujo e campo limpo) e agricultura/pastagens artificiais.

5.1.1 A Ocupação no Entorno

Na Zona de Amortecimento e no Entorno foram observadas atividades que trazem grandes danos para a área de preservação. Essas atividades estão relacionadas ao plantio de soja, carvoarias, caça de animais silvestres e a produção de espécies gramíneas para a produção de sementes, esta atividade é a que ocorre o maior número de incêndios de borda no PNGSV (MMA, 2005).

Em relação a população, Martins (2012) afirma que os homens veredeiros ficam “invisíveis” na ótica dos novos migrantes que praticam intervenções mais intensas sobre o território dos Gerais. Tais migrantes desconsideram as territorialidades dos Geraizeiros, impõem lógicas que desestruturam o modo de vida e as representações desse território.

Os principais conflitos ocorrem em razão da situação fundiária irregular, do número de incêndios, da presença de agricultura altamente mecanizada em fazendas próximas ao parque, do número de pastagens em áreas não indenizadas e pela presença de uma estrada intermunicipal que corta aproximadamente 10 km da Unidade de Conservação (MMA, 2005).

Os conflitos se intensificaram ainda mais com a legislação que foi imposta ao território, pois as práticas de agricultura e pecuária, passaram a ser mais limitadas, impondo também limites para a exploração das áreas de veredas (MARTINS, 2012).

O Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios definiu que a época crítica de maior área queimada em razão dos incêndios mensais, ocorre entre os meses de agosto e outubro, sendo que neste último mês observa-se que apesar de menor ocorrência que setembro, a área queimada é maior, indicando maior velocidade de propagação dos incêndios nesta época. A maior

causa dos incêndios é criminosa, porém no plano não há detalhes sobre o tipo de crime, indicando a necessidade de treinamento da equipe no que se refere à identificação de causas de incêndios. Reforçando os problemas de conflito nas unidades, observa-se que 19% dos incêndios são provenientes de queima de pasto (MMA, 2005).

Os efeitos diretos do fogo são negativos para as populações atingidas. Porém dependendo das características do incêndio (principalmente da intensidade) e da sensibilidade de cada espécie, o que pode refletir na comunidade empobrecendo, aumentando ou mantendo a riqueza local (FRIZZO et al, 2011).

5.2. Base de Dados

No presente estudo, foram utilizados dados do produto Modis MCD64A1 para identificar as áreas atingidas por fogo na área de estudo. As imagens deste produto MODIS incluem informações de datas da ocorrência dos incêndios no PNGSV, possibilitando detectar as áreas queimadas mensal e anualmente. Foram selecionadas imagens entre 2001 e 2017, disponibilizadas mensalmente. As imagens mensais foram agrupadas para gerar uma imagem de detecção das áreas atingidas por fogo para cada ano do período de estudo.

Os dados de Índice de Vegetação e o Uso da Terra da Unidade de Conservação também fizeram parte da construção dos resultados desta pesquisa. Esses dados foram utilizados para estimar os impactos do fogo sobre a vegetação e os tipos de uso e cobertura mais atingidos pelo fogo na área de estudo. Os dados do produto Modis MCD64A1 e o índice de vegetação foram obtidos usando a plataforma de dados do *Google Earth Engine* (GEE).

O GEE é uma plataforma que contém toda a base de dados do sensor MODIS, facilitando a busca de imagens do produto MCD64A1 de toda a superfície terrestre, possibilitando girar a imagem, marcar e salvar os locais de interesse, informar medidas entre dois pontos e ter uma visão em três dimensões de um determinado local. A plataforma é gratuita, mas também existe versões pagas com mais recursos e funções (ANDRADE, 2007).

Os dados não são atualizados em tempo real pois a plataforma utiliza dados fornecidos por empresas comerciais de compilação de dados. Como os dados podem ter diferentes fontes, as imagens apresentam resoluções variadas (ANDRADE, 2007).

As técnicas de sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas estão contribuindo no acompanhamento de algumas situações que ocorrem na superfície terrestre (VASCONCELOS, 2006). Através disso a Google criou uma plataforma para desenvolver estas análises conhecida como *Google Earth Engine*. A *Google Earth Engine* tem um armazenamento *online* disponível para seus usuários e atualmente sem nenhum custo para ser utilizado (HOROWITZ, 2015).

O acesso à plataforma GEE é fácil e simultâneo, bem como as ferramentas computacionais rápidas e escaláveis, faz a GEE uma ferramenta essencial e muito poderosa para diversos projetos. Essa plataforma de computação baseada em armazenamento em nuvem, trouxe algumas mudanças significativas no mapeamento e monitoramento (XIONG, 2017).

A aquisição de imagens dos incêndios florestais na Unidade de Conservação foi feita a partir do *download* do produto Modis MCD64A1 correspondente às cenas que recobriam a área deste estudo no período entre 2001 e 2017.

As imagens do produto MCD64A1 são formadas por uma sobreposição de cenas, com correção de nuvens e reflectância elaborado nos *scripts* da plataforma GEE. Os dados foram importados da Plataforma GEE para o sistema Arcgis 10.5 usando a função *Raster Calculator* para obter valores numéricos que indicam a presença ou ausência da ocorrência do fogo na área do PNGSV, onde pixels iguais a 0, indicam a não ocorrência do fogo e pixels iguais a 1, indicam a ocorrência do fogo.

Do mesmo modo, as imagens correspondentes ao índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para a área de estudo foram obtidas usando a plataforma *Google Earth Engine*, agora derivados de imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Jensen (1996) apresenta a seguinte equação para o cálculo do NDVI que foi usado no *script* do GEE:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

Onde: **NDVI**: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; **NIR**: é a refletância que corresponde ao comprimento de onda do Infravermelho Próximo (0,76 a 0,90 μm); **Red**: é a refletância que corresponde ao comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 μm).

Nas imagens NDVI, o comportamento espectral da vegetação mostra que à medida que aumenta a vegetação sadia, ocorre uma absorção de energia eletromagnética na região do visível, diminuindo a reflexão na banda do vermelho e aumentando a refletância no infravermelho próximo, devido a estrutura celular (MORAES, 2002). Os efeitos dos incêndios na vegetação foram observados pela correlação das características dos dados de fogo e do índice de vegetação NDVI de cada ano, antes e depois da ocorrência do fogo. Os valores do NDVI das áreas atingidas ou não pelo fogo foram obtidas a partir da função *Zonal Statistics as Table* do ArcGIS 10.5.

Este comando faz o somatório de todas as células de fogo e do NDVI, criando uma nova tabela de conteúdos com as estatísticas das variáveis de células (COUNT), área (AREA), mínimo (MIN), máximo (MAX), amplitude (RANGE), média (MEAN), desvio padrão (STD) e soma (SUM). Os dados de entrada dessa ferramenta pode ser um *raster* de valor inteiro ou pontos flutuantes. Independentemente dos valores de entrada, uma série de novos campos vão surgir na tabela de saída (ARCMAP, 2019). A partir dos resultados foi necessário a construção de um gráfico no Excel para observar o comportamento da vegetação, antes do fogo e depois no período de regeneração da flora atingida, em razão da intensidade das queimadas no Parque.

5.3. Uso e cobertura da terra

Os dados do uso e cobertura da terra no PNGSV foram obtidos do projeto Mapbiomas, correspondentes ao período de 2001 e 2007. A classificação do uso e cobertura da terra nos biomas brasileiros foi feita utilizando o classificador *Random Forest*, executado na plataforma do GEE, treinado a partir de amostras coletadas manualmente e amostras coletadas automaticamente.

Primeiramente, o mosaico do Mapbiomas para todo o bioma Cerrado entre 1985 e 2017 foi baixada. Na sequência, o mosaico de todo o bioma Cerrado foi recortado para a área de estudo (PNGSV) para o período de 2001 e 2017 usando o software de geoprocessamento ArcGIS® 10.5. No recorte para a área de estudo, foi utilizada a legenda original do uso e cobertura da terra disponibilizada pelo Mapbiomas.

Para identificar os tipos de uso e cobertura da terra atingidos por fogo, foi usado a ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS 10.5, aplicando uma função

condicional das áreas atingidas por fogo e os tipos de uso e cobertura correspondentes à estas áreas. Neste caso, buscou-se estimar as classes de uso e cobertura da terra classificados pelo projeto Mapbiomas mais atingidas pelo fogo.

Após a identificação das áreas atingidas por fogo nas respectivas classes de uso e cobertura da terra no Parque Nacional Grande Sertão Veredas entre 2001 e 2017, foram conduzidas análises para entender a relação direta e indireta da ocorrência dos incêndios, sendo consideradas variáveis físicas ou antrópicas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Uso e cobertura da terra no Parque Nacional Grande Sertão Veredas

Com base na classificação do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas) foram detectadas as seguintes fitofisionomias na área de estudo: Formação Florestal, onde predomina as espécies arbóreas e com formação de dossel contínuo; Formação Savânica, com estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo; Florestas Plantadas para fins comerciais; Formação campestre, regiões de dominância do estrato herbáceo. A Agricultura, pastagem e corpos de água foram classificados como áreas antropizadas. Os diferentes tipos de uso e cobertura da terra identificados no PNGSV estão apresentados na Figura 2, incluindo a área total em hectares por tipo de uso e cobertura.

Com base nos dados desta pesquisa, observou-se que as Formações Campestres e Savânicas são as fitofisionomias predominantes no interior do PNGSV, ocupando 49,5% e 42,6%, respectivamente, da área de estudo em 2017. Nas áreas antropizadas, predominam os mosaicos de agricultura e pastagem, que ocupavam 1,4% da área de estudo em 2017. Estes resultados indicam que a área do Parque estava bem conservada e apenas uma pequena porção estava antropizada mais severamente com diferentes tipos de uso da terra. A única preocupação é com o crescimento de áreas de agricultura anual e perene, que embora ocupava uma pequena área (280 ha) em 2017, representa um crescimento de 131% entre 2001 e 2017.

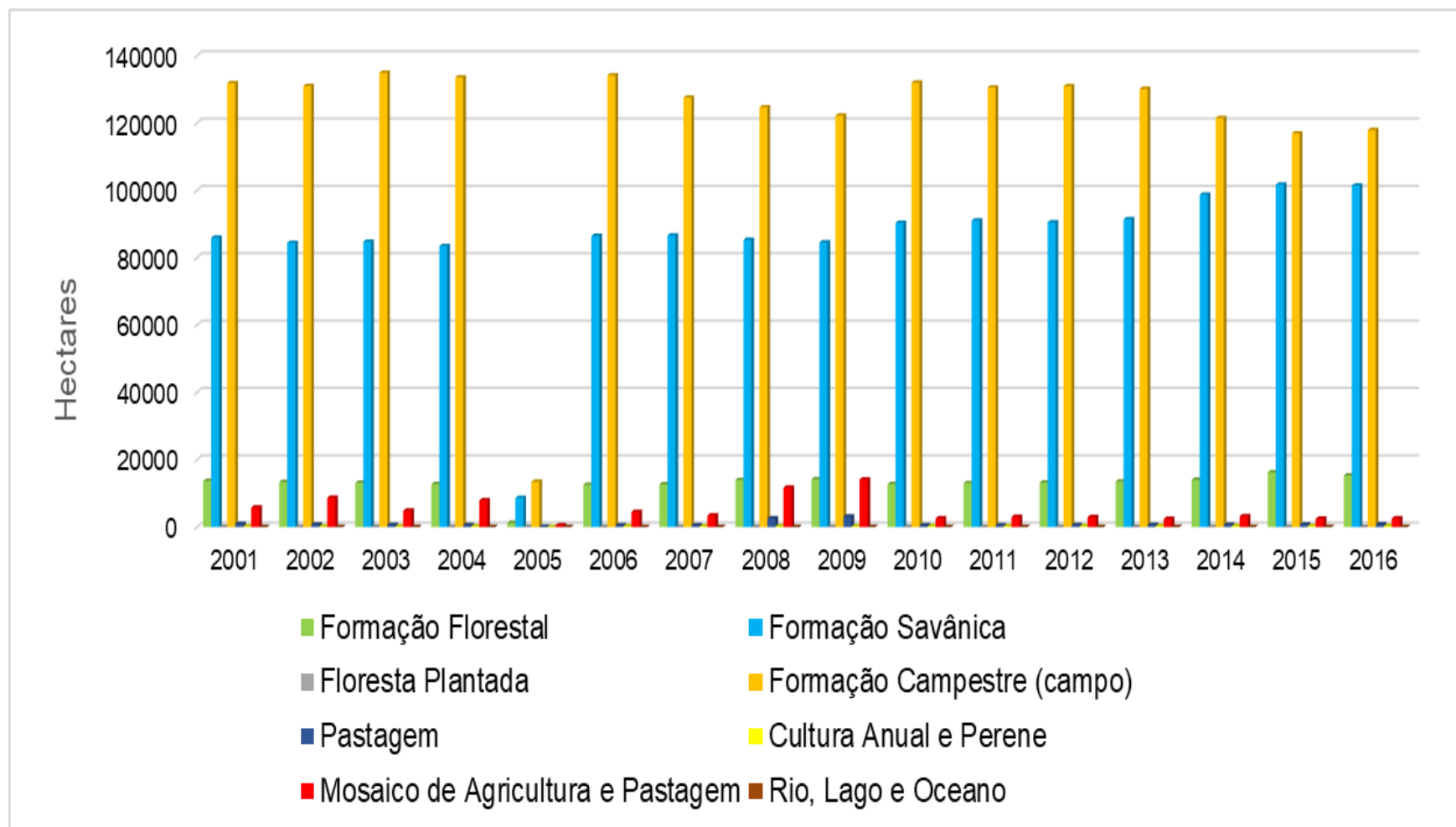


Figura 2: Área de Uso e Cobertura da terra atingida por fogo anualmente entre 2001 e 2017

6.2. Áreas atingidas por fogo no Parque Nacional Grande Sertão Veredas (2001-2017)

A área total queimada durante o período de estudo no PNGSV foi de 322.942,8 hectares. A análise da distribuição espacial das queimadas indica a ocorrência mais frequente do fogo na parte norte do Parque (Figuras 3 e 4). Contudo, observou-se a tendência de redução e dispersão em focos menores em todo o PNGSV das áreas atingidas por fogo a partir de 2011 (Figuras 5 e 6).

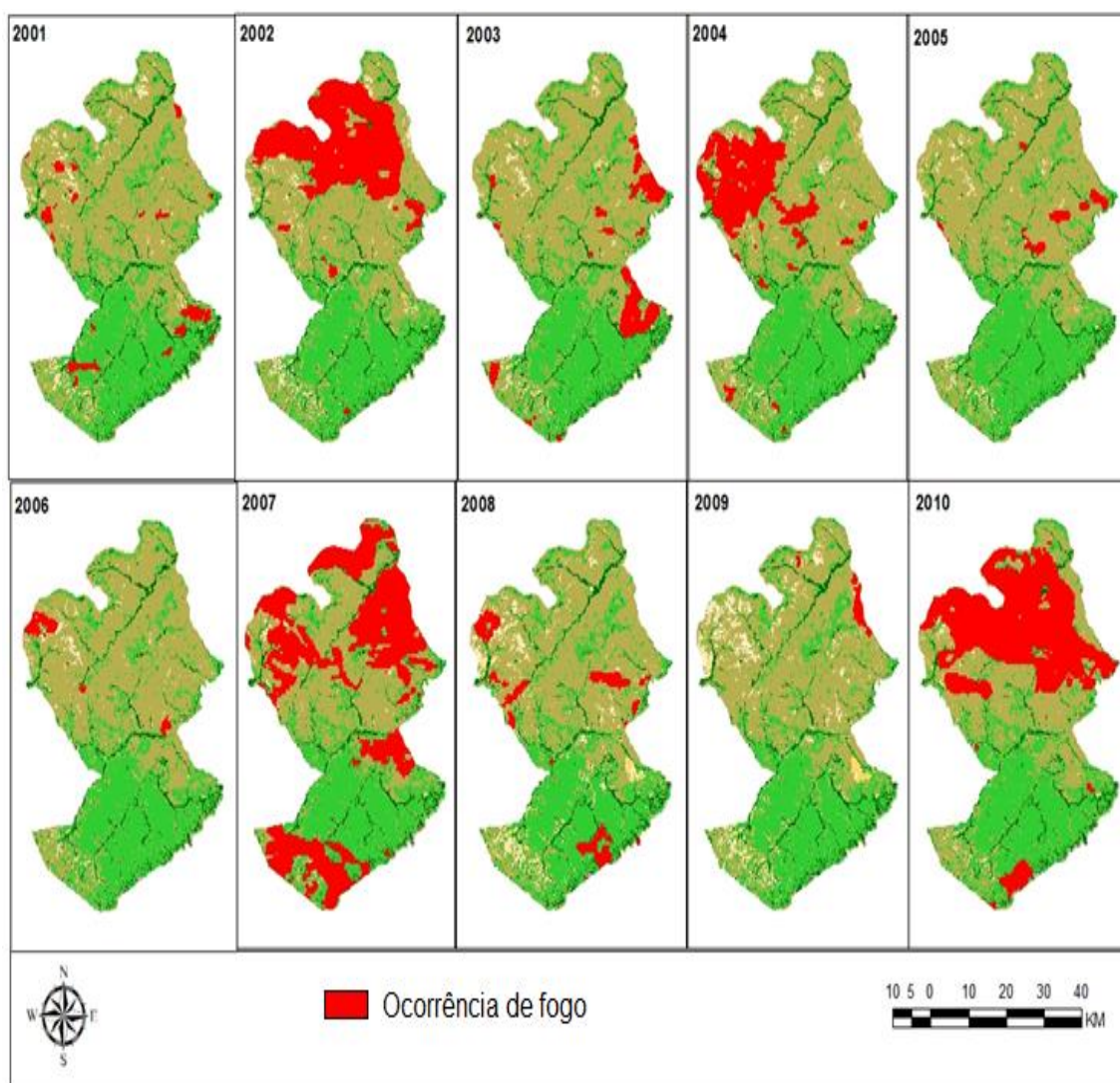


Figura 3: Ocorrência do fogo entre 2001 e 2010 no Parque Nacional Grande Sertão Veredas

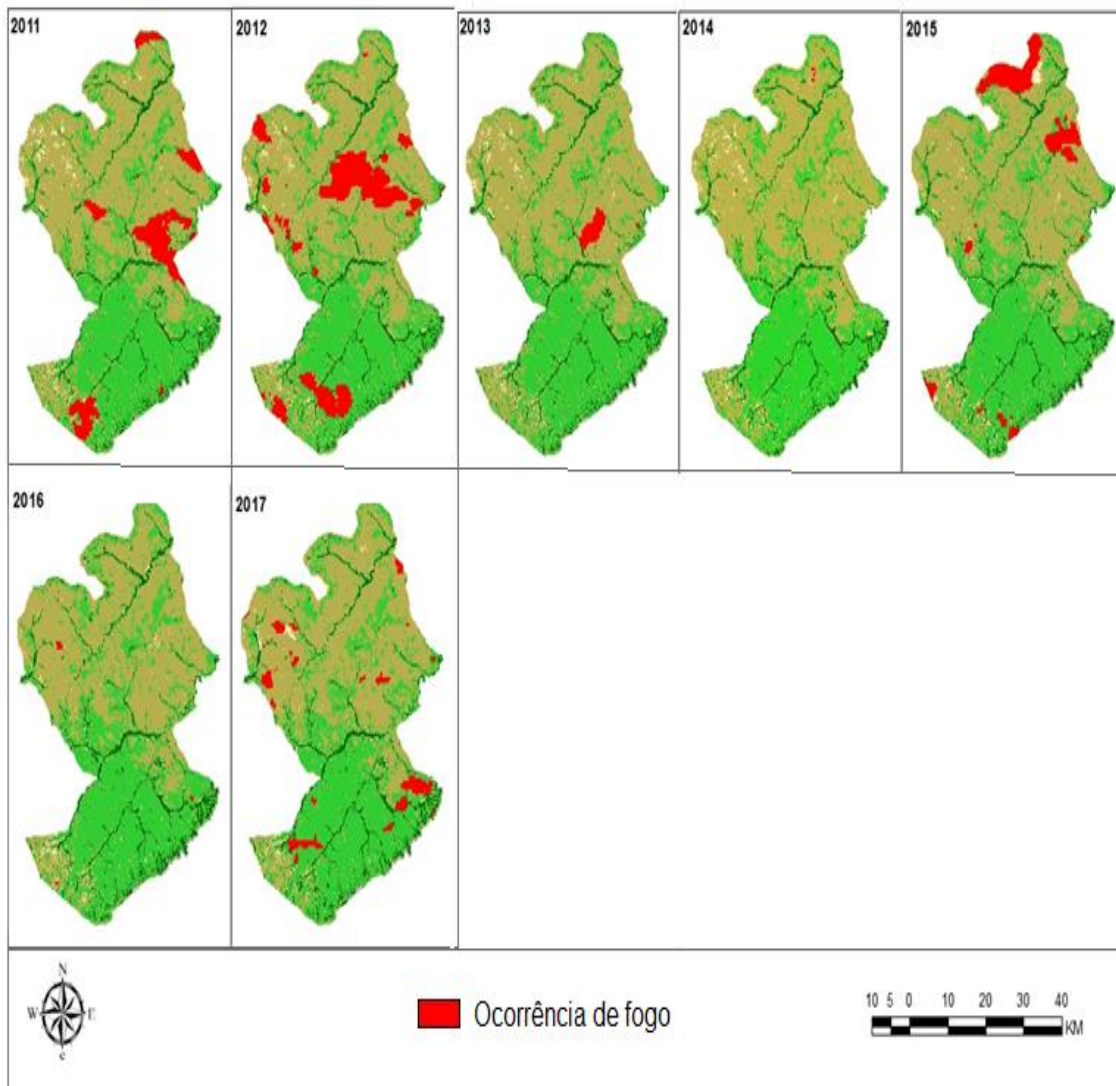


Figura 4: Ocorrência do fogo entre 2011 e 2017 no Parque Nacional Grande Sertão Veredas.

As formações Campestre e Savânica foram as mais atingidas por fogo, provavelmente por serem também as formações vegetais predominantes na área de estudo (Figura 5). Nas áreas antropizadas, os mosaicos de agricultura e pastagem foram os mais atingidos por fogo (Figura 6).

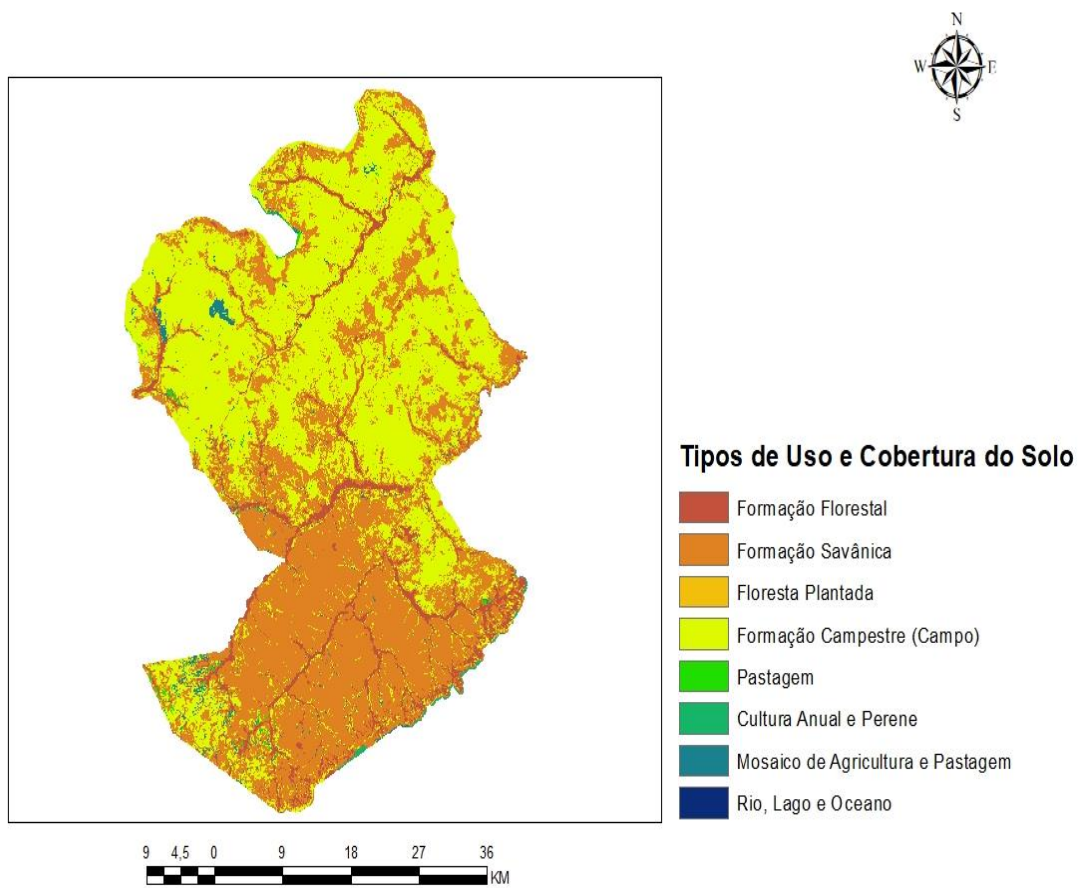


Figura 5: Tipo de Uso e Cobertura da Terra no último ano de análise (2017).

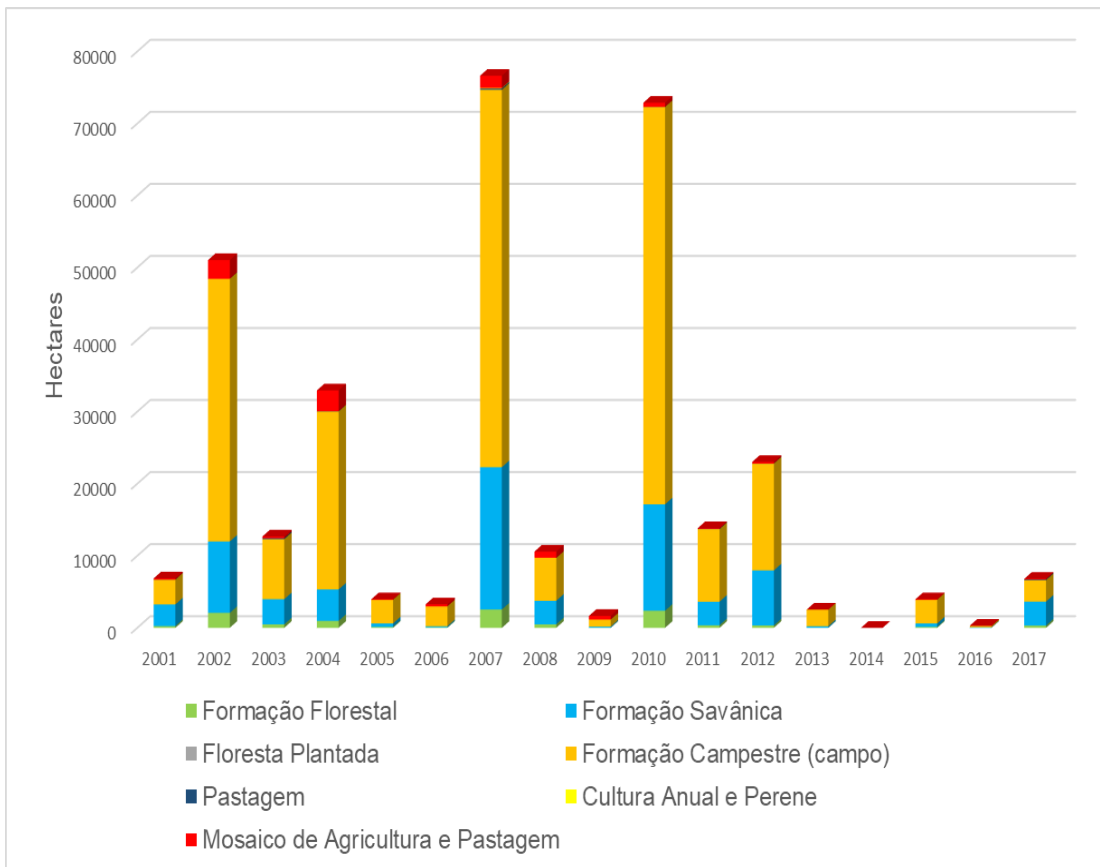


Figura 6: Área anual por tipo de uso e cobertura da terra atingido por fogo no Parque Nacional Grande Sertão Veredas

Ribeiro e Walter (2010) observaram que é comum a maior ocorrência de fogo em áreas de savanas pois estas são mais abertas e cobertas por espécies de gramíneas, que formam e acumulam maior quantidade de biomassa e, durante a estação seca, ficam em melhores condições para ignição do fogo quando comparadas a outros tipos de vegetação. Outro fator a ser considerado é a proximidade da Unidade de Conservação com rodovias e centros urbanos que, em áreas mais próximas destes espaços, têm maiores chances de serem queimados. Em termos percentuais, o Mosaico de Agricultura, Pastagem e Formação Campestre, foram os mais atingidos proporcionalmente pelo fogo na área e período de estudo (Figura 7).

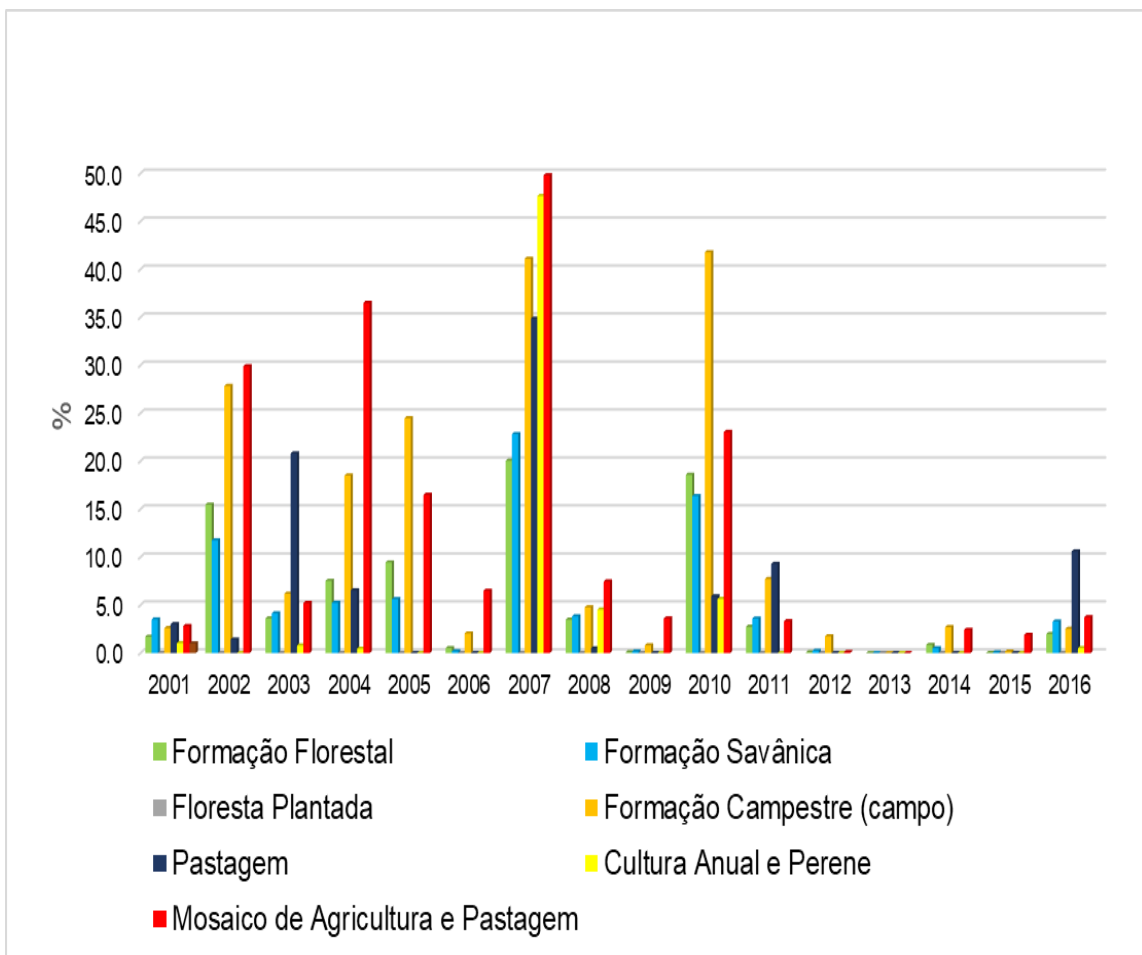


Figura 7: Porcentagem queimada pela área total de cada Uso do Solo

O IBRAM (2009) explica que no processo da agricultura é muito comum a prática de queimar a vegetação para matar plantas nativas e plantar outras culturas de ciclo mais curto no lugar. Esta prática é muito comum entre grandes fazendeiros, pelas populações indígenas, pequenos e médios agricultores, com o pensamento de que a queima do material nativo irá transferir nutrientes importantes como o potássio para as plantas. Acontece que depois da queima a maior parte dos nutrientes que ficava nos troncos e ramos das plantas vai embora com a fumaça e é carregada pelas primeiras chuvas. Causando a degradação do solo ao longo do tempo.

As pastagens também são consideradas uma das principais causas dos incêndios florestais, os criadores de gado costumam queimar o pasto para os animais comerem a rebrota. A área queimada pode ser tanto um pasto plantado, quando uma área nativa. (IBRAM, 2009)

Em geral o que pode ser afirmado é que o PNGSV pode ser dividido em duas regiões mais preponderantes: a região de intensa antropização por agricultura e pecuária e a região de alto índice de importância ecológica das espécies nativas e que é diretamente afetada pelo fogo, pela falta de medidas preventivas.

Impactos do fogo na vegetação do Parque Nacional Grande Sertão Veredas

Os impactos do fogo na vegetação da área de estudo foram estimados a partir de dados do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). A variação dos valores do NDVI apresentou média de 0,17 no período de 2001 a 2011 e 0,21 entre 2012 e 2016 (Figura 7). Matsumoto (2001) estimaram valores de índice de vegetação similares para fitofisionomias de Mata (0,24) e Bayma (2015) para formação Savânica (0,38) no município de Mateiros, estado do Tocantins.

Nos anos de maior ocorrência de incêndios florestais (2004, 2007 e 2010), os valores do NDVI foram reduzidos substancialmente (aproximadamente 15% em relação a anos não queimados) como consequência dos impactos do fogo na vegetação. O mesmo valor foi encontrado especificamente para a vegetação do Cerrado por Rocha et. al (2011). A redução da ocorrência de incêndios

florestais no PNGSV contribuiu para o aumento do desempenho de atividade fotossintética e o consequente aumento dos valores médios do NDVI entre 2012 e 2016 (Figura 8).

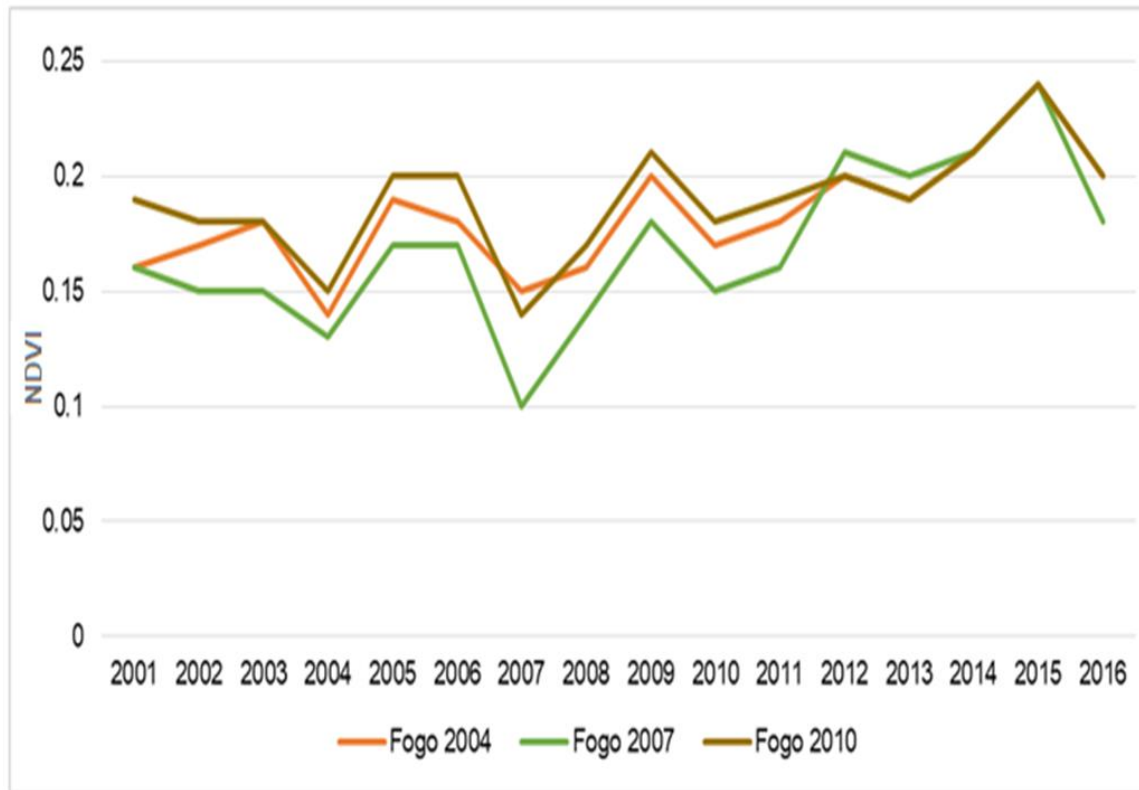


Figura 8: Variação dos valores do NDVI entre 2001 e 2016 em áreas atingidas por fogo em 2004, 2007 e 2010, os anos de maior ocorrência de incêndios florestais na área do Parque Nacional Grande Sertão Veredas.

A Figura 9 apresenta a variação de valores médios de NDVI em diferentes situações de ocorrência ou não de eventos de incêndios florestais na área de estudo. As áreas não atingidas por fogo apresentam as maiores médias de NDVI (0,23) e as menores médias no ano de ocorrência do fogo (0,18). A média geral do NDVI (0,18) foi influenciada pelos impactos das áreas queimadas, as áreas no ano anterior ao da ocorrência do fogo (0,19) também demonstram ter sido influenciadas (decréscimo) causado por eventos de fogo ocorridos e não detectados nas imagens do produto MODIS. No pós-fogo, observou o processo de regeneração da vegetação, com o consequente aumento dos valores médios do NDVI (0,19) em relação ao NDVI do ano de ocorrência do fogo (0,17).

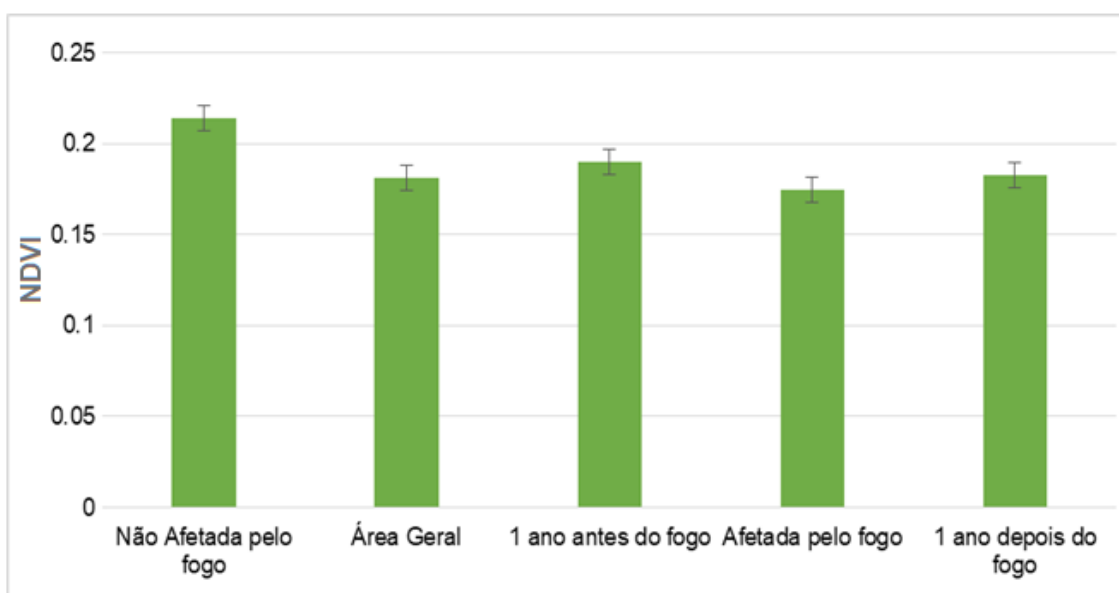


Figura 9: Comparação do índice de vegetação antes e após a ocorrência dos incêndios

Miranda (2010) afirma que se a frequência das queimadas for recorrente, isso pode gerar um grande impacto na sobrevivência e na rebrota das espécies. Embora não haja um valor que represente o dano total sofrido pela vegetação Durigan et al. (1994) afirma que os eventos sucessivos de queima resultam em uma redução progressiva da diversidade das espécies e leva a simplificação na estrutura da vegetação.

7. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que os incêndios florestais ocorreram predominantemente na parte norte do Parque Nacional Grande Sertão Veredas. As tipologias vegetais mais atingidas por fogo foram as formações Campestre e Savânica, que também são as formações mais predominantes na área de estudo. Nas áreas antropizadas, os mosaicos de agricultura e pastagem são os mais atingidos por fogo. Isto tem grande relevância pois a região é uma área de expansão da fronteira agrícola, especialmente para a produção de commodities agrícolas e, por isso, é importante investigar se os incêndios nas formações vegetais nativas do PNGSV estão sendo originados do uso do fogo para o manejo e cultivo agrícola nessas áreas antropizadas.

Os impactos na vegetação mensurados a partir do NDVI reduzem aproximadamente 20% da cobertura da vegetação por ocasião da ocorrência do fogo. Sequencialmente, a vegetação precisa de 2 a 3 anos para se recuperar dos impactos do fogo. Caso outro evento de fogo ocorra na mesma vegetação, o tempo e os impactos serão ainda mais severos. A ocorrência do fogo foi mais ampla entre 2001 e 2011, reduzida substancialmente entre 2012 e 2017. Isto indica uma tendência de redução dos incêndios florestais no Parque Nacional Grande Sertão Veredas nos últimos anos.

As análises deste trabalho é um instrumento fundamental para contribuir com ações de prevenção eficiente dos incêndios na área, uma vez que identifica a distribuição espacial das queimadas mais para região norte. Outra consideração está na dinâmica de uma análise estatística para inferir sobre outras possíveis causas do desmatamento e os fatores a elas associadas, o que deve nortear novas pesquisas voltadas para essa porção do território.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. F. **O Uso de Imagens de Satélite do Google Earth como Recurso Didático para o Ensino de Projeções de Coberturas**. p. 10, 2007.

ARCMAP. User Guide do ArcGIS. Disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap> . Acesso em: 19 maio. 2019.

- BARCELLOS, T. G. **Efeitos do Fogo Sobre a Fauna e a Flora no Cerrado**. Brasília, 2001.
- BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **FLORESTA** (2),237-241, Curitiba, Pr, Maio/Agosto, 2004.
- BAYMA, A.P. **Análise do Potencial de Séries Temporais de Índices de Vegetação (NDVI E EVI) do Sensor MODIS Para Detecção de Desmatamentos no Bioma Cerrado**. 99p, Brasília 2015.
- BORATTO, I. M. P. **Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais**. 2013.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. Phytosociology and structure of a frequente burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**, v. 189, p. 153-160, 1994.
- ESPÍRITO SANTO, C.V. & MOSCOSO, M.C. **Estrada-Parque Guimarães Rosa: Proposta de Reconhecimento Oficial - uma via em benefício do turismo ecocultural e do fortalecimento da identidade territorial do Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu**. Brasília-DF: Funatura/ISPN/União Europeia, 68 p., 2012.
- FALLEIRO, R.M. Resgate do Manejo Tradicional do Cerrado com Fogo para Proteção das Terras Indígenas do Oeste do Mato Grosso: um Estudo de Caso. Número Temático: Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas Protegidas, **Biodiversidade Brasileira** Ano I, Nº 2, 86-96, 2011.
- FIEDLER, N. C. et al. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 129–138, fev. 2004.
- FONTANA, D.C. et al. Relação entre O Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, n.8, p1399-1405, 1998.
- FREITAS, R. L. A. **Diversidade de mamíferos em diferentes fitofisionomias do Cerrado do Parque Nacional Grande Sertão Veredas: um estudo com fotoarmadilhas**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Programa de Pós-Graduação em Zoologia de Vertebrados. P. 48, jun. 2005.

- FRIZZO, T. L. M. et al. Revisão dos Efeitos do Fogo Sobre A Fauna de Formações Savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 02, p. 365–379, jun. 2011.
- FUNATURA. **Plano de manejo: Parque Nacional Grande Sertão Veredas. MMA/IBAMA/FUNATURA**, Brasília, 2003
- GIGLIO, L. et al. An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 113, n. 2, p. 408-420, 2009.
- GIGLIO, L. et al. **MCD64A1 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500m SIN Grid V006, 2015**. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/node/1154> . Acesso em: 7 abr. 2019
- GUIMARÃES, P. et al. Análise dos Impactos Ambientais de um Incêndio Florestal. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 1, p. 38–60, 2014.
- HUETE, A.; JUSTICE, C.; LIU, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 224–234, set. 1994.
- HOROWITZ, F. G. **MODIS Daily Land Surface Temperature Estimates in Google Earth Engine as an Aid in Geothermal Energy Siting**. p. 4, 2015.
- IBAMA, <https://www.ibama.gov.br/incendios-florestais> acesso realizado em 7 de novembro de 2018.
- IBRAM, **Incêndios Florestais: Causas, Consequências e Como Evitar**, 2009.
- JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais- efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.177-181, 2003.
- JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2ª. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.
- JUSTICE, C. O. et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p. 1228–1249, jul. 1998.
- KLINK, C. A. **A conservação do Cerrado brasileiro**. v. 1, n. 1, p. 9, 2005.
- LIANA, A. O. et al. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação

- utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 445–456, dez. 2005.
- LIMA, A et al. **Mapeamento de cicatrizes de queimadas na amazônia brasileira a partir da aplicação do modelo linear de mistura espectral em imagens do sensor MODIS**, 2009.
- MapBiomass. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/about/about> . Acesso em: 19 maio. 2019.
- MARTINS, G.I. et al. **As tramas da des(re)territorialização camponesa: a reinvenção do território veredeiro no entorno do Parque Nacional Grande Sertão-Veredas, Norte de Minas Gerais**, 2012.
- MATSUMOTO, M.H. **Correlação entre Algumas Fisionomias de Cerrado, no Vale do Paraíba, e Classes de Índices de Vegetação Obtidos Espectralmente**. Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, INPE, p.1665-1672, 21-26 abril 2001.
- MIRANDA, H.S. et al. **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: Ibama, il. color. 29 cm, 144p, 2010.
- MELO, E.T. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) Para Análise da Degradação Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, CRATEÚS-CE**. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. RA´E GA 23, p. 520-533, 2011.
- MMA et al. **Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios do Parque Nacional Grande Sertão Veredas (MG)**, jul. 2005. Disponível em:
http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/planos_operativos/20-parque_nacional_grande_sertao_veredas-mg.pdf. Acesso em: 26 mar. 2019
- MMA. **Sistema Nacional de Unidades Conservação - SNUC**. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html> . Acesso em: 7 abr. 2019.
- MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

- MORAIS, J.C.M. Tecnologia de combate aos incêndios florestais. **Floresta** 34 (2), 211-216, Curitiba,PR. maio/agosto, 2004.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000.
- NASA. MODIS Web. Disponível em: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php> . Acesso em: 2 abr. 2019.
- PIROMAL, R. A. S. et al. **Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77–84, 2008.
- RAMOS, M. F. **Estudo da Variação Temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em Juiz de Fora a Partir de Imagens de Satélite**. p. 41, 2016.
- RIBEIRO, J.F, & WALTER, B.M.T. **Diversidade fitofisionomia e o papel do fogo no bioma Cerrado**, IBAMA, 2010.
- RICHETTI, J. **Modelos Agrometeorológicos, Espectrais e de Inteligência Artificial Para Estimativa de Produtividade de Soja**. 2018.
- ROCHA, G. F. et al. **Detecção de Desmatamento no Bioma Cerrado entre 2002 E 2009: Padrões, Tendências e Impactos**. n. 63, p. 9, 2011.
- ROSA, M.R. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. **Boletim Paulista de Geografia**, v.95, p.25-34, 2016.
- ROSENDO, J. D. S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Araguari - MG - Utilizando Dados do Sensor MODIS**. Universidade Federal de Uberlândia, 2005.
- VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. DE M.; DONALISIO, M. R. **Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira**. Cadernos de Saúde Pública, v. 22, p. 517–526, mar. 2006.
- XIONG, J. et al. Nominal 30-m Cropland Extent Map of Continental Africa by Integrating Pixel-Based and Object-Based Algorithms Using Sentinel-2 and Landsat-8 Data on Google Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 9, n. 10, p. 1065, out. 2017.

ANEXOS

Anexo I: Dinâmica do uso e cobertura da terra no PNGSV entre 2001 e 2017.

Tipo de Uso e Cobertura do Solo	Área do Uso em hectares																
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Formação Florestal	13709.9	13380.5	13105.44	12750.93	1264.788	12522.78	12663.8	13938.8	14162.5	12749.2	13018	12913.7	13213.62	13473.45	14024.52	16224.39	15296.94
Formação Savânica	85875.1	84362.9	84670.92	83363.31	8603.235	86409.45	86549.8	85257.4	84486.2	90283.1	91004	90565.6	90429.39	91374.03	98654.04	101636.3	101369.16
Floresta Plantada	0	0	0	0	0	0	0,72	2.97	8.64	1.53	1.98	5.31	4.59	3.33	5.13	7.29	8.1
Formação Campestre (campo)	131765	130924	134841.06	133478.91	13418.712	134127.9	127472	124625	122167	131937	130478	131606	130,864	130071.7	121423.68	116878.6	117896.76
Pastagem	923.31	701.28	597.78	503.28	44.676	463.5	475.11	2541.06	3101.76	457.83	464.76	521.73	525.69	606.33	641.61	696.69	782.82
Cultura Anual e Perene	121.05	117.99	114.84	178.83	18.801	188.1	146.97	143.1	149.67	202.77	233.28	221.13	218.97	249.48	250.29	279	280.44
Mosaico de Agricultura e Pastagem	5777.28	8688.42	4845.87	7901.64	467.073	4455	3424.86	11669.4	14096.7	2545.29	2975.3	2344.59	2919.78	2399.58	3179.16	2461.05	2543.85
Rio, Lago e Oceano	8.46	6.21	4.86	4.05	0.837	13.05	10.36	2.43	7.47	4.86	5.94	3.42	5.04	2.79	2.43	1.8	6.93

Anexo II: Percentagem de área queimada por cada tipo de uso da terra entre 2001 e 2017 no PNGSV.

Tipo de Uso e Cobertura do Solo	Área Queimada/ Área do Uso do Solo %																
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Formação Florestal	1.7	15.5	3.6	7.5	9.4	0.5	20.0	3.5	0.1	18.6	2.7	2.5	0.1	0.0	0.9	0.0	2.0
Formação Savânica	3.5	11.8	4.1	5.2	5.6	0.2	22.8	3.8	0.2	16.4	3.6	8.5	0.2	0.0	0.5	0.1	3.3
Floresta Plantada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Formação Campestre (campo)	2.6	27.8	6.2	18.5	24.5	2.0	41.1	4.8	0.8	41.8	7.7	11.2	1.8	0.0	2.7	0.2	2.5
Pastagem	3.0	1.4	20.8	6.5	0.0	0.0	34.9	0.5	0.0	5.9	9.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6
Cultura Anual e Perene	1.0	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0	47.6	4.5	0.0	5.6	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Mosaico de Agricultura e Pastagem	2.8	29.9	5.2	36.5	16.5	6.5	49.8	7.5	3.6	23.0	3.3	9.3	0.1	0.0	2.4	1.9	3.7

Anexo III: índice de vegetação para as áreas atingidas por fogo no PNGSV entre 2001 e 2017, indicando o ano da detecção da cicatriz do fogo em cor amarelo.

FOGO	INDICE DE VEGETAÇÃO (mean)															
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017
2001	0.17	0.2	0.21	0.17	0.23	0.22	0.2	0.2	0.24	0.21	0.22	0.22	0.21	0.22	0.25	0.21
2002	0.2	0.2	0.2	0.16	0.21	0.21	0.15	0.18	0.22	0.19	0.2	0.2	0.19	0.21	0.24	0.2
2003	0.2	0.19	0.19	0.16	0.21	0.21	0.17	0.18	0.22	0.2	0.2	0.21	0.2	0.22	0.25	0.21
2004	0.16	0.17	0.18	0.14	0.19	0.18	0.15	0.16	0.2	0.17	0.18	0.2	0.19	0.21	0.24	0.2
2005	0.2	0.19	0.2	0.17	0.22	0.21	0.2	0.16	0.22	0.19	0.2	0.21	0.2	0.21	0.24	0.21
2006	0.13	0.15	0.16	0.1	0.17	0.12	0.14	0.08	0.17	0.12	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.18
2007	0.16	0.15	0.15	0.13	0.17	0.17	0.1	0.14	0.18	0.15	0.16	0.21	0.2	0.21	0.24	0.18
2008	0.19	0.16	0.17	0.15	0.18	0.17	0.18	0.14	0.2	0.16	0.2	0.21	0.2	0.22	0.25	0.2
2009	0.16	0.15	0.15	0.12	0.18	0.17	0.06	0.15	0.18	0.16	0.15	0.18	0.17	0.19	0.22	0.18
2010	0.19	0.18	0.18	0.15	0.2	0.2	0.14	0.17	0.21	0.18	0.19	0.2	0.19	0.21	0.24	0.2
2011	0.15	0.15	0.15	0.13	0.18	0.17	0.14	0.14	0.17	0.15	0.16	0.2	0.19	0.21	0.24	0.2
2012	0.16	0.14	0.14	0.12	0.15	0.15	0.12	0.14	0.17	0.14	0.16	0.22	0.2	0.21	0.24	0.2
2013	0.18	0.18	0.19	0.16	0.21	0.2	0.19	0.19	0.21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.22	0.2
2014	0.13	0.12	0.12	0.1	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.05	0.14	0.16	0.15	0.2	0.24	0.18
2015	0.18	0.17	0.18	0.14	0.2	0.19	0.14	0.16	0.2	0.17	0.17	0.21	0.19	0.21	0.25	0.2
2016	0.14	0.14	0.1	0.11	0.16	0.16	0.08	0.13	0.16	0.14	0.15	0.19	0.18	0.2	0.22	0.19
2017	0.17	0.2	0.21	0.17	0.23	0.22	0.2	0.2	0.24	0.21	0.22	0.22	0.21	0.22	0.26	0.21

Anexo IV: Áreas atingidas por fogo por tipo de uso e cobertura da terra no PNGSV entre 2001 e 2017.

	Área Queimada em hectares																
Tipo de Uso e Cobertura do Solo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Formação Florestal	233.01	2070.09	473.58	960.03	119.52	63.81	2538.09	485.1	12.06	2369.61	356.49	325.8	10.26	0	119.52	3.06	304.29
Formação Savânica	3013.56	9914.85	3498.2	4363.2	484.02	162.9	19753.5	3267.09	146.43	14770.8	3264.4	7653.33	212.85	0	484.02	57.15	3331.3
Floresta Plantada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formação Campestre (campo)	3420.72	36452.25	8332.7	24706.5	3285.09	2745.5	52392	5942.61	981.63	55116.36	10072	14804.2	2,296	0.54	3285.09	188.1	2982.6
Pastagem	27.81	9.9	124.38	32.94	0	0	165.6	12.42	0	27.09	43.2	9.63	0	0	0	0	82.98
Cultura Anual e Perene	1.26	0	0.9	0.81	0	0	70.02	6.48	0	11.43	0	6.03	0	0	0	0	1.44
Mosaico de Agricultura e Pastagem	162.27	2597.76	252.72	2883.96	77	289.53	1705.86	871.47	508.5	586.62	98.73	217.08	2.88	0	77.04	46.71	95.31
Rio, Lago e Oceano	0	3.15	0	1.98	0	0	0.63	0	0	3.33	0.9	0	0	0	0	0	0