



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS  
GERAIS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE TEMPORAL DO REGIME DO FOGO NO PARQUE NACIONAL DA  
SERRA DO CIPÓ**

**Ludmilla Maria Aguiar Serra**

**Belo Horizonte  
2022**

**Ludmilla Maria Aguiar Serra**

**ANÁLISE TEMPORAL DO REGIME DO FOGO NO PARQUE NACIONAL DA  
SERRA DO CIPÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG como requisito básico para a conclusão de curso para a graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> MSc. Carolina Dias de Oliveira

Coorientadora: Prof<sup>a</sup> MSc. Paula Resende Santos

**Belo Horizonte**

**2022**

**LUDMILLA MARIA AGUIAR SERRA**

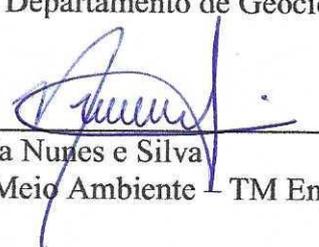
**ANÁLISE TEMPORAL DO REGIME DO FOGO NO PARQUE  
NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 08 de fevereiro de 2022

Banca examinadora:

\_\_\_\_\_  
Carolina Dias de Oliveira – Presidente da Banca Examinadora  
Prof.a MSc. Departamento de Geociências (DGEO/CEFET-MG) – Orientador(a)

  
\_\_\_\_\_  
Najara Trícia Nunes e Silva  
Gerente de Meio Ambiente – TM Engenharia de Soluções

\_\_\_\_\_  
Vandeir Robson da Silva Matias  
Prof. Dr. Departamento de Geociências (DGEO/CEFET-MG)



Emitido em 16/02/2022

FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO Nº 43/2022 - DGEO (11.55.13)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 16/02/2022 13:57 )

CAROLINA DIAS DE OLIVEIRA  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
DGEO (11.55.13)  
Matrícula: 2115055

(Assinado digitalmente em 16/02/2022 14:32 )

VANDEIR ROBSON DA SILVA MATIAS  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
DGEO (11.55.13)  
Matrícula: 1565121

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: **43**, ano: **2022**, tipo: **FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO**, data de emissão: **16/02/2022** e o código de verificação: **b1da4cca4c**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus que me permitiu e me deu força de vontade para chegar até aqui.

Agradeço a minha mãe por sempre me incentivar, apoiar e não medir esforços para me ajudar a atingir meus objetivos. Sem ela não seria possível chegar até esse momento.

Agradeço ao meu pai e ao meu irmão pelo apoio fornecido durante toda essa trajetória.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> MSc. Carolina Dias de Oliveira, por toda disponibilidade e empenho para me ajudar nesse trabalho.

Agradeço a minha coorientadora Prof<sup>a</sup> MSc. Paula Resende Santos que foi muito paciente, solícita e de suma importância para o desempenho desse trabalho.

Agradeço aos meus amigos, que me apoiaram e contribuíram para que essa jornada fosse mais leve.

Agradeço, por fim, a todos que de alguma maneira contribuíram para que o sonho de possuir um diploma no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária fosse alcançado, seja pelo apoio nos dias difíceis, seja oferecendo oportunidades de crescimento ou até mesmo por simplesmente se fazer presente.

## RESUMO

SERRA, Ludmilla Maria Aguiar. **Análise temporal do regime do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó**. 2022. 52f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

As queimadas são eventos recorrentes no Brasil, considerando especialmente os fatores climáticos predominantes no território brasileiro e sobre seus respectivos domínios morfoclimáticos, além dos fatores antrópicos. Na região sudeste, especificamente no estado de Minas Gerais, são encontrados diversos domínios morfoclimáticos, com suas peculiaridades e especificidades, configurando a elevada biodiversidade e importância ecológica para a potencialidade natural, científica, cultural e socioeconômica do estado mineiro. Associado aos aspectos sobre o tipo e porte do estrato vegetacional, uma parte significativa do território do estado está demarcada pelo tipo climático Cwb - conforme a Classificação de Koeppen - que caracteriza o Clima Tropical de altitude, com chuvas concentradas no verão e período de estiagem no inverno, além de significativa amplitude térmica anual. Tal configuração reforça o aspecto de exuberância natural deste território e sua relevância sócioambiental, explicitando a importância em buscar medidas que atenuem ou minimizem estes impactos nocivos para o meio natural e obviamente para as pessoas que residem próximas à sua localização

Um exemplo relevante dessas áreas em que é possível observar a complexidade da biodiversidade é o Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), ambiente este que, infelizmente, devido a atividades humanas predatórias, tem sofrido muito com as queimadas. Os incêndios que atingem o referido parque têm afetado diretamente o meio ambiente e a qualidade de vida da população do seu entorno.

Logo, o presente trabalho possui como objetivo geral a análise temporal do comportamento do regime do fogo dentro da região do PNSC. A metodologia utilizada consistiu na obtenção de dados de imagens de satélite e na comparação com informações sobre as consequências causadas pela incidência do fogo na região. Tais informações e dados foram retirados do site do INPE e MapBiomas, juntamente com uma revisão sistemática de artigos pertinentes ao assunto.

Após análise sistêmica dos dados encontrados, foi verificado que os meses de maior incidência da passagem do fogo são setembro e outubro e que os anos em que ocorreram secas mais intensas o parque foi atingido severamente pelo fogo. Dessa maneira devem ser aplicadas maiores investimentos para elaboração de medidas mitigadoras e protetivas para melhor enfrentamento desse entrave.

**Palavras-chave:** Queimadas. Imagens de satélite. Análise de dados. Regime do fogo.

## ABSTRACT

SERRA, Ludmilla Maria Aguiar. **Temporal analysis of the fire regime in Serra do Cipó National Park**. 2022. 52f. Monograph (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Fires are recurrent events in Brazil, especially considering the climatic factors prevailing in the Brazilian territory and on their respective morphoclimatic domain, in addition to anthropic factors. In the southeast region, specifically in the state of Minas Gerais, several morphoclimatic domains are found, with their peculiarities and specificities, configuring the high biodiversity and ecological importance for the natural, scientific, cultural and socioeconomic potential of the state of Minas Gerais. Associated with aspects of the type and size of the vegetation layer, a significant part of the state's territory is demarcated by the climate type Cwb - according to the Koeppen Classification - which characterizes the Tropical Climate of altitude, with rains concentrated in the summer and the dry period in the winter, in addition to significant annual thermal amplitude. This configuration reinforces the natural exuberance aspect of this territory and its socio-environmental relevance, explaining the importance of seeking measures that mitigate or minimize these harmful impacts to the natural environment and obviously to the people who live close to their location.

A relevant example of these areas where it is possible to observe the complexity of biodiversity is the Serra do Cipó National Park (PNSC), an environment that unfortunately, due to predatory human activities, has suffered a lot from fires. The fires that hit the park have directly affected the environment and the quality of life of the surrounding population.

Therefore, the present work has as general objective the temporal analysis of the behavior of the fire regime within the PNSC region. The methodology used consists of obtaining data from satellite images and comparing it with information on the consequences caused by the incidence of fire in the region. Such information and data were taken from the INPE and MapBiomas websites, together with a systematic review of articles relevant to the subject. After a systemic analysis of the data, they were compiled and shown graphically, in order to identify the consequences generated by the fires.

**Keywords:** Fires. Satellite image. Data analysis. Fire regime.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Justificativa</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Características das queimadas</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2 Caracterização do Cerrado</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3 Comportamento do fogo no Cerrado</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4 Levantamento de dados por meio da interpretação de imagens de satélite</b> .....	<b>22</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1 Caracterização do Parque Nacional da Serra do Cipó</b> .....	<b>23</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
<b>5.1 Materiais</b> .....	<b>26</b>
<i>5.1.1 Programa de Queimadas - INPE</i> .....	<i>26</i>
<i>5.1.2 MapBiomas Fogo</i> .....	<i>28</i>
<b>5.2 Métodos</b> .....	<b>33</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>6.1 Dados do INPE</b> .....	<b>34</b>
<b>6.2 Dados do Projeto MapBiomas</b> .....	<b>40</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>8. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>48</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b>	Comportamento do fogo em diferentes escalas	16
<b>Figura 3.2</b>	Comportamento do fogo em relação ao relevo	18
<b>Figura 4.1</b>	Mapa de localização do PARNA Serra do Cipó	23
<b>Figura 5.1</b>	Periodicidade de utilização de imagens de cada satélite <i>Landsat</i>	26
<b>Figura 6.1</b>	Série temporal de focos de incêndio interno ao PNSC	34
<b>Figura 6.2</b>	Série temporal de focos de incêndio em um raio de 10 km do PNSC	36
<b>Figura 6.3</b>	Série temporal da média de focos mensais de incêndios internos ao PNSC	37
<b>Figura 6.4</b>	Série temporal da média de focos mensais de incêndios em um raio de 20 km ao PNSC	38
<b>Figura 6.5</b>	Distribuição espacial da área queimada no interior e <i>buffer</i> de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2000-2006	42
<b>Figura 6.6</b>	Distribuição espacial da área queimada no interior e <i>buffer</i> de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2007-2013	43
<b>Figura 6.7</b>	Distribuição espacial da área queimada no interior e <i>buffer</i> de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2014-2020	44
<b>Figura 6.8</b>	Distribuição espacial da frequência do fogo no interior e <i>buffer</i> de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2000-2020	46

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 5.1</b>	Bandas espectrais usadas pelos <i>Landsat</i> 's do Projeto MapBiomias	27
<b>Tabela 5.2</b>	Critérios de exclusão da classificação de cicatrizes de queimada em relação ao uso e cobertura da terra por domínio morfoclimático.	28
<b>Tabela 5.3</b>	Características dos satélites utilizados pelo INPE	31
<b>Tabela 6.1</b>	Registros dos meses de maior incidência de queimadas internas ao PARNA Serra do Cipó	39
<b>Tabela 6.2</b>	Registros dos meses de maior incidência de queimadas em um <i>buffer</i> de 10km do PARNA Serra do Cipó	40

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
ICMBio	Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade
IEF	Instituto Estadual de Florestas/MG
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PNSC	Parque Nacional da Serra do Cipó
PARNA	Parque Nacional

## 1. INTRODUÇÃO

A prática de queimar a biomassa como estratégia de aumento da fertilidade do solo pode ser observada em diversos países no mundo, especialmente na Ásia e na África, contudo, a constância desta prática rudimentar e sem o devido controle ambiental, pode provocar graves prejuízos à biodiversidade, dinâmica dos ecossistemas e ou mesmo cultivos agrícolas (PEREIRA, 2017). Em uma escala global, sua elevada ocorrência ainda pode impactar de modo negativo sobre o comportamento das médias térmicas do planeta, sendo considerado uma das principais causas para o chamado Aquecimento Global, além de deteriorar a qualidade do ar e ocasionar diversos problemas respiratórios e de diminuição da visibilidade local.

Segundo RYAN (2000), os focos de queimadas possuem um papel importantíssimo no aquecimento global e, como uma de suas consequências, tem-se a liberação de gases de efeito estufa. Isso porque durante os incêndios florestais são liberados dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), entre outros gases. Como consequência, os ambientes atingidos pelo fogo são dominados pela fumaça emitida pelas queimadas, o que impossibilita a captação da energia solar e, por conseguinte, há a interrupção do ciclo respiratório da vegetação. Todavia, os impactos das queimadas não se restringem apenas ao local atingido pela queima, uma vez que os mecanismos de transporte atmosférico podem levar a poluição emitida pelas queimadas para regiões distantes dos focos, trazendo riscos associados à doenças respiratórias para a população, especialmente a parte mais vulnerável, como crianças e idosos. Além da liberação destes gases, a destruição da vegetação impede que a floresta capte o gás carbônico presente na atmosfera, ocasionando um problema duplo (SANTOS ET AL. 2017).

É estimado que cerca de 32% dos Gases de Efeito Estufa (GEE) emitidos pela região dos trópicos, sejam originados das queimadas (LOMBARDI, 2005) e segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021), somente no Brasil entre 1998 e 2021 foram registrados 393.915 focos de calor. Nas regiões tropicais o fogo é amplamente utilizado para manejo agrícola, com o intuito de desmatar áreas a serem destinadas para agropecuária e renovação de pastagem (PEREIRA, 2017). Entretanto, não é possível afirmar que as atividades antrópicas são a maior fonte de incêndios no país. (FERNANDES et al. 2020).

Sabe-se que flora e a fauna estão intimamente ligados, o que faz com que os impactos sobre a vegetação sejam altamente nocivos a ambos (BARCELOS, 2001). Sendo assim, a perda tanto da fauna como da flora se fazem presente nos locais atingidos pelo fogo, tornando essencial o estímulo de práticas de preservação e conservação de áreas de florestas e seus domínios morfoclimáticos. Na região sudeste do Brasil, os maiores registros de queimadas estão associadas ao Cerrado com maior ocorrência durante o período de sua seca climática, geralmente durante os meses de abril a outubro,

durante o outono e inverno austral.

O Cerrado é o segundo maior bioma Brasileiro, possuindo 20% da sua vegetação original preservada (DUTRA E SOUZA, 2017), possuindo uma extensão de 2 036 448 km<sup>2</sup> segundo dados do IBGE. Visando a não extinção do bioma em decorrência das mudanças climáticas e incidência de focos de queimadas, a vegetação que compõe a biodiversidade do Cerrado passou a ter raízes mais profundas, caules que conseguem realizar reservas de água e gemas que permitem a rebrota após a passagem das queimadas (FURQUIM, 2019)

Cabe destacar que existe uma diferenciação entre os termos domínio morfoclimático e bioma, o que requer cuidado ao utilizá-los. Domínio morfoclimático é entendido como sendo as interações existentes entre as condições climáticas, os comportamentos e feições do relevo, as formações vegetais e os processos morfogenéticos (JATOBÁ, et al. 2018). Já o termo bioma é compreendido como sendo a interação de todos esses fatores, entretanto, considera os aspectos da fauna e possui uma caracterização homogênea, enquanto que os domínios apresentam-se heterogêneos, na medida em que permitem englobar diversas paisagens dentro de um mesmo domínio (COUTINHO, 2005)

Contudo, apesar de toda esta diversidade vegetacional e paisagística, estudos relatam que o Cerrado possui características que favorecem e determinam a atuação do fogo de forma natural (PEREIRA, 2017), sendo bastante recorrente a incidência de queimadas naturais em seu domínio. Portanto, com a finalidade de proteger o patrimônio natural do Cerrado, fez-se necessária a criação de áreas protegidas neste domínio, que funciona como reduto de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Deste modo, a criação de unidades de conservação constituem uma estratégia de garantir a preservação da natureza (BOMTEMPO, 2011)

Baseando-se no Artigo de N° 225, da Constituição Federal que afirma que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações“ (BRASIL, 1988), foi implementado a Lei N° 9.985 de 18 de julho de 2000, que estabelece o conceito de unidades de conservação.

Em análise da Lei N° 9.985 de 18 de julho de 2000, as unidades de conservação são consideradas como

“Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (BRASIL, 2000).

Dentro desta perspectiva, o Parque Nacional da Serra do Cipó em Minas Gerais (PNSC), se configura como uma destas unidades de conservação, em conjunto com a Área de Proteção Ambiental (APA) Morro da Pedreira, que circunda o parque. Ambas as áreas são marcadas pela sua alta representatividade tanto da flora como da fauna dos domínios morfoclimáticos do Cerrado e alguns exemplares de Mata Atlântica. Em termos geográficos, o PNSC abrange os municípios de Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro (ICMBIO, 2021?), e foi criado em 1978, com o intuito de preservação dessa complexa biodiversidade nacional, tendo em vista que tais espécies da flora e da fauna brasileiras estão ameaçadas de extinção.

A ocorrência de incêndios florestais descontrolados no PNSC constituem uma das ameaças que podem colocar em risco os objetivos de conservação do parque. Os registros históricos de fogo no PNSC datam do século XVIII e a recorrência deste fenômeno é comum até os dias atuais, ocasionando perda significativa de espécies da flora e fauna, além de consequências em relação ao turismo no local, uma vez que grande parte da economia destes municípios é movimentada pela sua visitação. (FERNANDES et al. 2020; FIGUEIRA E RIBEIRO, 2011).

Por sua vez, os avanços na caracterização da queima de biomassa através do uso de sensoriamento remoto têm sido fundamentais para a análise da sua distribuição espacial e temporal uma vez que os sensores orbitais se tornaram a principal fonte para estudos relacionados a queimadas a partir da aquisição de forma sistemática dos dados, tendo em vista os limites trazidos pelas medições *in situ* da queima de biomassa (coberturas espacial e temporal limitadas) (ICHUKU et al. 2012).

Neste sentido, os estudos sobre as queimadas tornam-se importantes, tendo em vista que a partir deles, é possível estabelecer medidas preventivas de controle e monitoramento (FERNANDES et al. 2020). E tais medidas são extremamente necessárias não somente para o meio ambiente, mas sim para a manutenção da vida no planeta.

## 1.1 Justificativa

O estilo de vida adotado pela maioria das sociedades contemporâneas - mundialmente após a Revolução Industrial europeia, no século XVIII, e com ápice no chamado *American Way of Life*<sup>1</sup> vivenciado pela economia estadunidense em 1920 - estimula o super consumo e a utilização dos recursos naturais do planeta de modo contínuo e predatório, comprometendo a qualidade de vida e o acesso a estes recursos pelas gerações futuras. Em função disso, a conservação de ambientes em que a natureza encontra-se preservada torna-se cada vez mais necessária, incitando a criação das unidades de conservação em diversas partes do mundo, visando a manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais (THOMAS; et al. 2014). Neste contexto e baseando-se na vasta biodiversidade e exemplares raros de sua fauna, o PNSC foi eleito como uma área em que haveria esta significativa necessidade de conservação (FIGUEIRA e RIBEIRO, 2011), como já mencionado anteriormente.

E, baseando-se na necessidade de preservação dessa biodiversidade que acaba sendo consumida pelo alastramento do fogo, o conhecimento das causas e da frequência das queimadas torna-se de suma relevância. Isso porque, a partir desses estudos é possível elaborar medidas de proteção e mitigação deste fenômeno, e desta forma, atenuar os possíveis prejuízos e danos causados à população afetada e ao próprio meio ambiente (MOTA, 2018).

Assim, considerando a importância do conhecimento do fenômeno das queimadas, o presente estudo se mostra relevante no que tange o conhecimento das áreas afetadas pelo regime do fogo na região do PARNA Serra do Cipó, em se tratando de uma unidade de conservação. Portanto, é pretendido que este estudo possa contribuir de alguma forma para a elaboração de medidas protetivas e mitigadoras dos impactos nocivos das queimadas, visando uma maior manutenção da integridade dos exemplares da biodiversidade abrigada pelo referido parque.

---

<sup>1</sup> *American way of life* ou "estilo de vida americano" foi um modelo de comportamento surgido nos Estados Unidos após a Primeira e a Segunda Guerras Mundiais. Este modo de viver passava pelo consumismo, a padronização social e a crença nos valores democráticos liberais, vigente nos anos de 1920 e permanece sendo um parâmetro de comportamento para a população estadunidense.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar a ocorrência de cicatrizes de queimadas no PNSC para o período compreendido entre 2000 e 2020, utilizando dados do Projeto MapBiomias Fogo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar os meses e os anos com os maiores registros de queimadas no PNSC;
- Analisar o tipo de uso e cobertura da terra mais afetado pelas queimadas no PNSC;
- Propor soluções e/ou medidas mitigadoras para a prevenção das queimadas no PNSC.

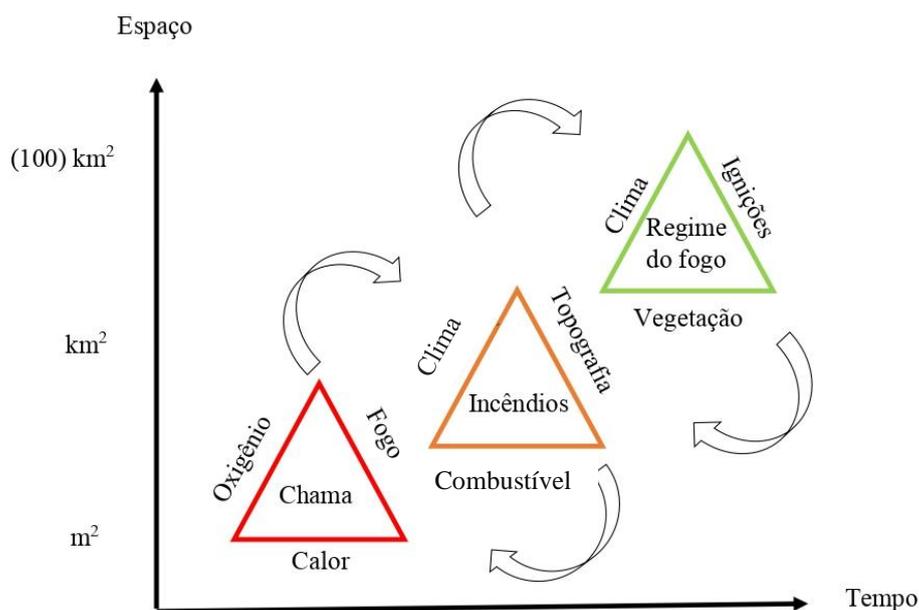
### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Características das queimadas

Os danos ocasionados pelas queimadas são bastante conhecidos e amplamente abordados por diversos autores, ou mesmo pela mídia, retratando tanto os impactos negativos para o ambiente e para a biodiversidade quanto para a população residente nestes locais e em seu entorno, em diferentes escalas temporais. Segundo Denipotti (2005), as queimadas são caracterizadas pelo fogo fora de controle, de modo que a área afetada pelas chamas passa a não ser mais controlada. Todavia, é importante ressaltar que a passagem do fogo não representa apenas consequências negativas, visto que, dependendo de sua escala e magnitude, pode ser compreendido como um componente essencial à manutenção dos ecossistemas. E, portanto, torna-se necessário uma melhor compreensão sobre o seu comportamento, como abordado a seguir.

O regime de fogo de um ecossistema é o resultado coletivo de múltiplos fatores, como padrões de ignição (na escala de uma chama), uma queimada florestal e o regime do fogo ( Fig 3.1). A figura 3.1, abaixo, ilustra as relações entre o fogo e os parâmetros que o controlam, enquanto as setas enfatizam as realimentações que atuam entre as escalas de propagação das queimadas. Juntos, esses fatores governam a evolução de um regime de fogo, levando a padrões característicos e intervalos de recorrência para queimadas de diferentes tamanhos (MOTRIZ, et al. 2005).

Figura 3.1 – Comportamento do fogo em diferentes escalas



Fonte: Adaptado de Moritz et al. (2005)

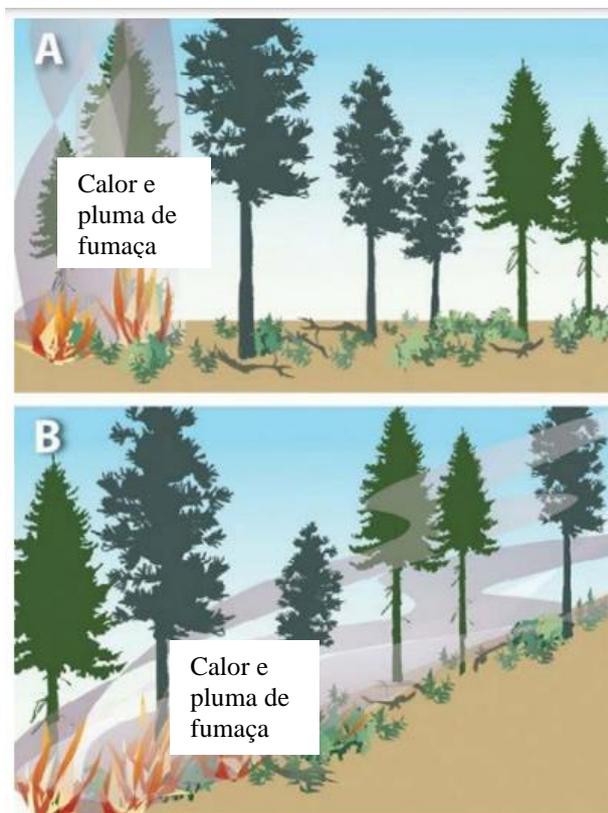
Em análise, é possível verificar que para a origem e mantimento do fenômeno do fogo são necessários três elementos: combustível, oxigênio e calor. Portanto, para que o fogo ocorra deve haver o combustível para queimar (no caso das queimadas, a biomassa), um suprimento de oxigênio para sustentar a combustão e ainda o calor suficiente para causar ignição sucessiva de partículas de combustível (DENIPOTTI, 2005). Esta combinação foi compreendida como “triângulo do fogo”, conforme Ryan e Koerner (2012), sendo comumente utilizado para representar a escala de combustão, onde o combustível que compõe a região a ser queimada se configura com uma relativa homogeneidade.

O processo de combustão pode ser dividido em quatro fases, sendo elas pré-aquecimento (ou pré-ignição), flamejante, latente e a fase brasa. Essas diferenças de fases são determinadas principalmente pela disponibilidade de oxigênio. (RYAN E KOERNER, 2012). O pré aquecimento é entendido como sendo a fase de absorção de energia, ou seja, processo endotérmico, onde a chama aproxima-se das partículas de combustível e a sua temperatura gradualmente vai aumentando. Sequencialmente inicia-se o processo de combustão flamejante, diferentemente do pré aquecimento é exotérmico, e consiste na liberação de gases ricos em CO<sub>2</sub>. (RYAN E KOERNER, 2012; PINTO e JUNIOR, 2006). A fase da combustão latente é caracterizada pela abundância de compostos de carbono produzidos pela combustão incompleta, que é ocasionada pela falta de oxigênio. Dessa forma, o fogo emite altas temperaturas, entretanto não produz mais chama, onde começa a atingir o ponto de incandescência, ou seja, ocorre a queima porém sem chamas. A combustão latente persiste até a fase brasa, que tem como característica a transformação do combustível em cinzas e a extinção do fogo, deixando resíduos de carvão (RYAN E KOERNER, 2012).

A propagação do fogo na escala das queimadas florestais (Figura 3.1 - B) é influenciada pela topografia (Fig. 3.2) clima e características do combustível. O clima influenciado pela temperatura, velocidade do vento, direção do vento, umidade e precipitação define a fração do combustível total que está disponível para ser consumido em um determinado fogo. A topografia é descrita pelo declive, propriedades de aspecto, e elevação, que influenciam diretamente na quantidade de radiação solar incidente em um local, nos padrões de precipitação, padrões de fluxo de vento e evaporação e, por conseguinte, na distribuição das queimadas. A inclinação e o aspecto da inclinação são importantes características do terreno que afetam o ambiente do fogo uma vez que morro acima a chama da queimada se espalha mais rapidamente por haver o aumento da superfície de contato da chama com o material combustível (Figura 3.2). Os combustíveis são fonte de energia do fogo liberada na combustão. Combustíveis são compostos de biomassa viva e morta da solo (RYAN E KOERNER, 2012).

O comportamento do fogo também pode ser descrito pela propagação da chama pelo terreno. Existem três formas de propagação da chama, que pode ocorrer por meio do contato da chama com outros combustíveis, por meio do deslocamento de partículas incandescentes e pela ação do calor (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2017).

Figura 3.2: Comportamento do fogo em relação ao relevo



Fonte: Adaptado de Berger, et al. (2017).

A propagação por meio do contato é ocasionada pelo contato direto entre a chama e o material é denominada condução, enquanto o deslocamento de partículas pelo transporte de partículas incandescentes, normalmente pela ação do vento, até atingirem os materiais combustíveis e darem origem ao fogo é conhecida como convecção. Além das duas maneiras descritas, tem-se a propagação do fogo por meio da irradiação que consiste na propagação de ondas caloríficas através do espaço, sem fazer uso de materiais. Todas essas maneiras podem dar origem a focos de calor e proporcionar a queima de pequenas ou grandes áreas (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2017).

Por meio do conhecimento de todos esses fatores essenciais ao comportamento e propagação do fogo, é possível estabelecer medidas de modo a interromper o ciclo, conhecido como triângulo do fogo. Essa interrupção pode se dar de quatro maneiras distintas sendo por meio da retirada do material combustível, por abafamento, por resfriamento ou por extinção química (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2017).

A retirada do material consiste na eliminação do material combustível ou daquele que encontra-se próximo ao fogo. Enquanto que a técnica do abafamento, conta com o impedindo do contato do comburente com o oxigênio, de modo a tampar, abafar, a região que está queimando (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2017).

Seguindo, tem-se o método de resfriamento, mais popularmente utilizado, o qual é realizado de modo a diminuir a temperatura do calor até o ponto em que o combustível não é mais capaz de gerar gases e calor e assim a chama é cessada. E por último pode ser utilizado a técnica de extinção de calor por meio de reações química, que requer a utilização de produtos que sejam capazes de impedir a combinação de moléculas causadoras das chamas, dessa forma, a mistura se torna não inflamável e o fogo é findado (MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS, 2017).

### **3.2 Caracterização do Cerrado**

O domínio morfoclimático do Cerrado ocupa uma vasta extensão do território brasileiro, possuindo diferentes litologias, formas de relevo, solos e vegetação (PEREIRA et al. 2011). Este domínio pode apresentar aproximadamente 44% dos seus exemplares de espécies endêmicas (MMA, 2011).

Em termos climáticos, este complexo vegetacional é caracterizado por possuir duas estações bem definidas, sendo o período de seca compreendido entre os meses de maio a setembro, enquanto o período chuvoso é compreendido de outubro até abril. As precipitações nesse domínio variam entre 1.200mm a 1.800mm, entretanto nos seus limites com outros biomas, a exemplo da Amazônia, essa precipitação pode variar (MMA, 2011).

Este domínio morfoclimático tem como uma de suas características, diferentes tipos de fitofisionomias, sendo elas formações florestais, campestres e savânicas. Segundo Ribeiro e Walter (2008), as formações florestais podem ser caracterizadas como sendo elas: Mata Ciliar e Mata de Galeria, associadas aos cursos d'água, e podem possuir exemplares em terrenos bem drenados e mal drenados, Mata Seca e o Cerradão ocorrendo apenas em terrenos bem drenados.

Os autores mencionados anteriormente ( RIBEIRO E WALTER, 2008), especificam que Mata Ciliar é entendida como sendo a vegetação que acompanha os rios de médio e grande porte, onde a vegetação arbórea não forma galerias e costuma ser encontrada em terrenos acidentados. Normalmente são estreitas, não passando de 100 metros e suas plantas costumam possuir diferentes graus de caducifólia (plantas que geralmente perdem suas folhas em uma certa estação do ano), geralmente durante as estações secas.

Por sua vez, a Mata de Galeria, diferentemente da ciliar, forma galerias como o próprio nome diz e acompanha rios de pequeno porte. A vegetação costuma ser perenifólia, ou seja, apresentam folhas durante o decorrer de todo o ano. (RIBEIRO E WALTER, 2008).

Ainda segundo esses autores, a Mata Seca é compreendida como aquela em que a vegetação não possui associação com corpos hídricos. Essa característica da não associação com cursos d'água também é característica do Cerradão, entretanto a sua vegetação é composta por esclerófilas, plantas de folha dura, o que difere da Mata Seca (RIBEIRO E WALTER, 2008).

As formações campestres englobam três diferentes tipos de fitofisionomias, sendo elas: Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo. O Campo Sujo e o Campo Rupestre apresentam estruturas similares, possuindo arbustos e subarbustos entremeados no estrato herbáceo. Porém eles se diferem pelo fato de no Campo Rupestre o substrato ser composto por afloramentos de rochas e por possuir espécies endêmicas, devido às condições edáficas (características físico-química dos solos) e clima característico. Já no Campo Limpo a presença de arbustos e subarbustos é insignificante, sendo predominantemente herbácea. (RIBEIRO E WALTER, 2008).

A mais importante fitofisionomia do Cerrado é entendida como sendo as formações Savânicas, pois são as que melhor caracterizam o domínio morfoclimático, em especial as formações características do Cerrado *stricto sensu*. que é bem marcado pela presença de árvores baixas, tortuosas e inclinadas, não possuindo padrão de distribuição e com ramificações irregulares. (RIBEIRO E WALTER, 2008).

Alguns fatores que ocorrem no domínio do Cerrado são de suma importância para a caracterização da densidade arbórea, como por exemplo, pH, ações antrópicas, condições hídricas, frequência de queimadas, entre outros. Sendo assim, originaram-se subdivisões fisionômicas do Cerrado *stricto sensu*, sendo elas o Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre. (RIBEIRO E WALTER, 2008).

Essas características climáticas e fito-fisiológicas são relevantes para a caracterização dos ambientes ocupados pelo domínio morfoclimático. Sabe-se que um dos fatores determinantes das características do Cerrado é o fogo, que se faz necessário para sua sobrevivência (BARCELLOS, 2001).

Estudos relatam sobre a adaptação do ecossistema presente no Cerrado ao fogo (KLINK E MACHADO, 2005), entretanto o manejo descontrolado tem provocado devastação de áreas demasiadamente grandes. Dessa forma, este domínio morfoclimático apresenta-se em muitas de suas partes, devastado.

### **3.3 Comportamento do fogo no Cerrado**

As áreas afetadas pelo fogo, após o período de incêndio, encontram-se devastadas, eliminando exemplares de flora e da fauna do local. Entretanto, em alguns domínios morfoclimáticos a passagem das chamas pode significar parte do seu ciclo biológico ou até mesmo podem ser ocasionadas por causas naturais (PIVELLO, 2009).

O domínio morfoclimático do Cerrado, possui como um dos fatores determinantes de suas características, a incidência de queimadas de tempos em tempos, entretanto alguns fatores precisam ser analisados. Elementos que confirmam o fogo no Cerrado como um fator importante são a rebrota em um tempo considerado curto e geminação de algumas semestres após a passagem das chamas (BARCELLOS, 2001). Considerando esses pontos, uma análise detalhada é necessária para a compreensão da real importância do fogo para esse domínio morfoclimático.

Barcellos (2001) aponta que o fogo no Cerrado pode apresentar três diferentes comportamentos, sendo eles: o de copa, o qual o fogo é passado de uma copa de árvore a outra, possuindo uma intensidade significativa e mais comumente encontrado em ambientes de florestas, o de palha, onde o estrato gramíneo é o agente responsável pelo alastramento das chamas, frequente em vegetações abertas e o de manta, que consiste na queima não da vegetação propriamente dita, mas sim do substrato depositado sobre o solo. Considerando essas diferentes maneiras de alastramento do fogo, é possível pontuar as consequências geradas em cada tipo de vegetação quando da ocorrência de cada um.

Alguns focos de incêndio podem ser empregados de maneira intencional para o mantimento das características do Cerrado, entretanto, são necessárias algumas medidas de controle, de modo que as chamas não acabem atingindo uma região maior do que a objetivada. Para isso medidas como a construção de áreas de proteção contra o alastramento do fogo, conhecidos como “aceiros” – regiões as quais são constituídas pelo descampamento de alguns trechos do terreno- devem ser aplicadas (BARCELLOS, 2001).

O fogo no Cerrado é um fator importante e, portanto, não há como e nem deve ser abolido (BARCELLOS, 2001). Aplicando de maneira correta e no período adequado, a incidência de chamas pode ser de extrema importância para o mantimento e enriquecimento das espécies de flora e fauna características desse tipo de domínio morfoclimático.

### **3.4 Levantamento de dados por meio da interpretação de imagens de satélite**

As imagens oriundas de sensores remotos, são originárias da energia captada dos objetos que compõem a superfície observada. Geralmente os impactos proporcionados por meio das atividades antrópicas são capazes de serem captados no espaço e tempo (BENITE, 2006). Dessa forma, as técnicas de Sensoriamento Remoto podem contribuir significativamente para o controle, monitoramento e combate aos impactos ocasionados por essas atividades.

De acordo com Moraes (2002), o Sensoriamento Remoto pode ser entendido como

Um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades

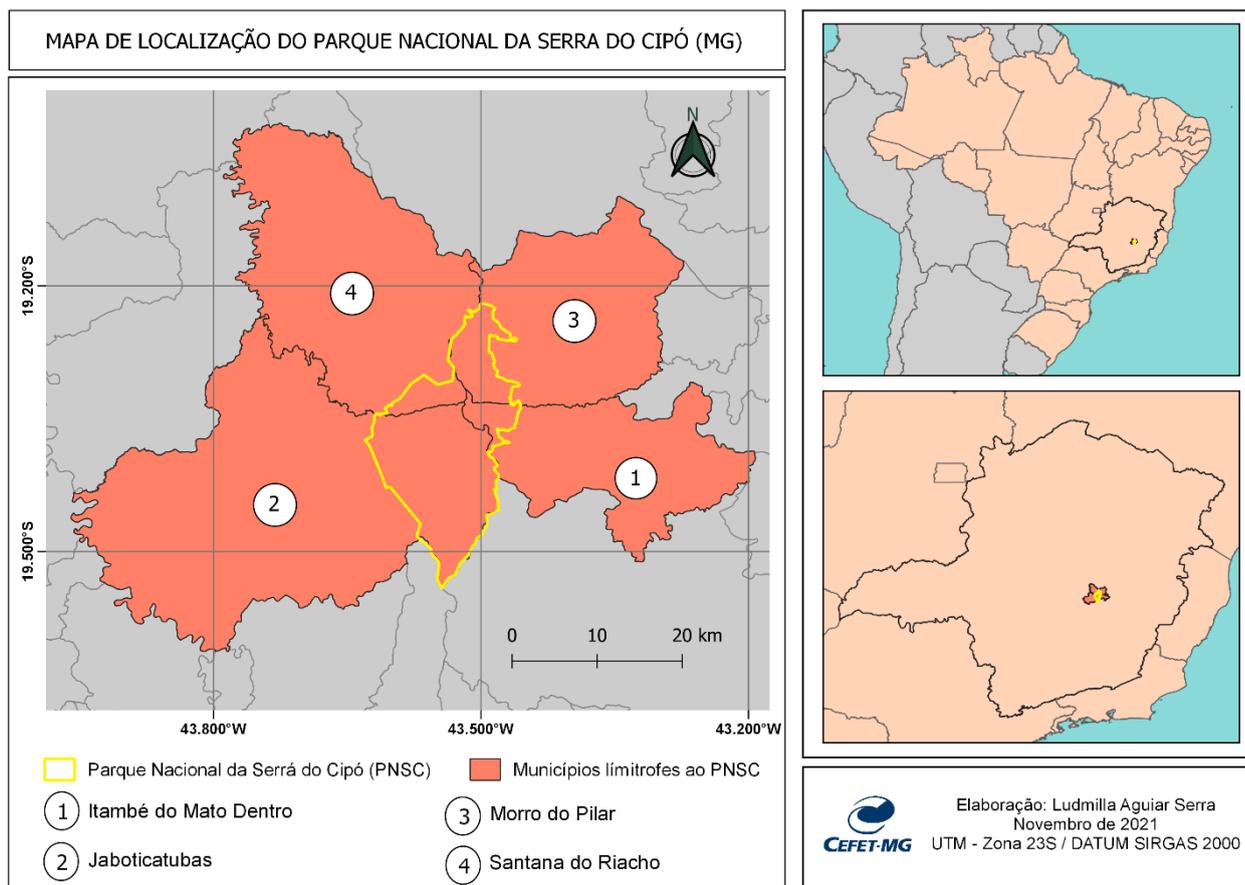
envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética. A quantidade e qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres resulta das interações entre a energia eletromagnética e estes objetos. Essas interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Logo, os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais.

Devido à grande aplicabilidade da análise do Sensoriamento Remoto para o monitoramento de questões ambientais, e combinado ao significativo acervo disponibilizado gratuitamente aos usuários pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, entendeu-se que seria interessante utilizá-la como ferramenta de análise e subsídio para esta pesquisa.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **4.1 Caracterização do Parque Nacional da Serra do Cipó**

O PNSC foi fundado em 1984 e abrange uma área de 33.800 hectares e fazendo limite entre quatro diferentes municípios, sendo eles: Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro (ICMBIO, 2021?) possuindo enorme significância econômica, social e ambiental para as comunidades dessas cidades. Localizado na porção Sul da Serra do Espinhaço, o PARNA pode ser caracterizado pela sua enorme complexidade geológica e geomorfológica, o que desencadeia rochas e solos distintos em espaços pequenos e um relevo movimentado. (FIGUEIRA E RIBEIRO, 2011).

**Figura 4.1:** Mapa de localização do PARNA Serra do Cipó

O PARNA apresenta uma importância ambiental intrínseca, uma vez que abriga dois domínios morfoclimáticos brasileiros criticamente ameaçados, o Cerrado e a Mata Atlântica, e estando inserido oficialmente no domínio morfoclimático do Cerrado (FIGUEIRA e RIBEIRO, 2011). Tendo em vista essa necessidade de preservação, o local foi classificado como uma unidade de conservação (IEF, 2021?). Analisando o interior do parque e a porção na qual ele está inserido, é possível verificar que a vegetação é muito diversificada, as espécies endêmicas são diversas e a riqueza ambiental é muito grande (MOTA, 2018).

Os solos da região do parque são bem caracterizados pelos latossolos na região sul (FIGUEIRA e RIBEIRO, 2011). Esse tipo de solo é muito encontrado no domínio morfoclimático do Cerrado, variando do amarelo ao vermelho e geralmente suas taxas de fertilização são muito baixas, devido ao alto teor de alumínio (MMA 2011).

A vegetação da Serra do Cipó é demasiadamente diversificada, e também muito influenciada pela significativa rede de drenagem da região, marcada por inúmeros rios e córregos, em que são encontradas as Matas Ciliares e Matas de Galeria, caracterizadas por serem estreitas e úmidas e com estrato arbóreo variando de 10 a 15 metros (MOTA, 2018). E, um fator determinante para a região é a altitude, que influencia tanto na característica dos solos, do clima, como na própria vegetação. Em altitudes de 800m a 1000m podemos encontrar Campos Sujos e Campos Rupestres, enquanto que

acima de 1000m é encontrado regiões de Campos Rupestres, a qual se destaca pela sua riqueza e alta taxa de endemismo de espécies de plantas (BARROS et al. 1987 apud MOTA, 2018; MENEZES E GIULIETTI, 2000 apud FIGUEIRA E RIBEIRO 2011;).

Ainda conforme estes autores, é possível analisar a questão climática da área em correlação à sua variação da altitude, sendo a região classificada como tropical de altitude (tipo Cwb de Köppen), com precipitação anual entre 1300mm a 1600mm, possuindo duas estações bem definidas: a estação seca, compreendida entre maio e setembro, e a estação chuvosa, de outubro a abril. Além da altitude e do clima, a presença de serras e relevos de forte declive, são extremamente importantes para a caracterização da área, sendo consideradas barreiras naturais que impedem a chegada das massas de ar úmidas vindas do litoral, o que, por consequência, proporciona um maior aquecimento da região. (FIGUEIRA E RIBEIRO, 2011).

Toda essa riqueza ambiental, entretanto, encontra-se ameaçada pelas queimadas que atingem a região. Estudos apontam que o domínio morfoclimático do Cerrado, possui a atuação do fogo como fator importante para o seu desenvolvimento (BARCELLOS, 2001), entretanto a incidência desordenada tem trazido diversos problemas, tais como tais como diminuição de exemplares de fauna e flora, aumento da incidência de doenças respiratórias, aumento de temperatura local, dentre outros.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Materiais

#### 5.1.1 Programa de Queimadas - INPE

O INPE com o intuito de realizar a detecção e quantificação regular sobre os focos de queimadas e que atingem a vegetação do país, criou o Programa de Monitoramento de Queimadas/Incêndios Florestais. Esse monitoramento é realizado operacionalmente no Brasil desde 1998, entretanto trabalhos já são realizados desde 1994 (INPE, 2021?).

Atualmente, o INPE faz uso das imagens dos satélites polares, as AVHRR/3 dos NOAA-15, 18 e 19, METOP-B e C, as MODIS dos NASA Terra e *Aqua* e as VIIRS do NPP-Suomi e NOAA-20, além das imagens dos satélites geoestacionários, GOES-13 e 16 e MSG-3 (INPE, 2021?). Os satélites que possuem órbita geoestacionária encontram-se localizados permanentemente sob a linha do Equador e o seu período de rotação coincide com o tempo de rotação da Terra, ou seja, gira com a mesma velocidade do nosso planeta. As características orbitais desse tipo de satélite permitem que seja captada imagens de uma mesma porção da superfície terrestre com uma ampla vista. Enquanto que os satélites polares correspondem aqueles que giram ao redor da Terra em uma órbita que está sempre no mesmo plano, passando pelos polos ou próximo a eles (ICHOKU, 2012).

As especificidades de cada um dos satélites utilizados pelo INPE, encontram-se listados na tabela a seguir:

Tabela 5.3: Características dos satélites utilizados pelo INPE

Satélite	Sensor	Data de lançamento	Resolução Espacial	Resolução temporal
NOAA-15	AVHRR-3	1998	1.1 km no nadir	1-2 x/dia
NOAA-18	AVHRR-3	2005	1.1 km	1-2 x/dia
NOAA-19	AVHRR-3	2009	1.1 km	1-2 x/dia
NOAA-20	VIIRS	2017	de 375 a 750 m	1-2 x/dia
METOP-B	AVHRR-3	2012	1.1 km	2 x/dia
METOP-C	AVHRR-3	2018	1.1 km	2 x/dia
Terra	MODIS	1999	1 km	1-2 x/dia
Aqua	MODIS	2002	1 km	1-2 x/dia
NPP-Suomi	VIIRS	2011	750 m	1-2 x/dia
GOES-13	Imager	2006	4 km no nadir	48x/dia
GOES-16	Imager	2016	4 km no nadir	48x/dia
MSG-3	Seviri	2012	3 km no nadir	96x/dia

Fonte: Embrapa (2021?) E Ichoku (2015)

Os sensores dos satélites são capazes de medir a quantidade de energia que chegam até ele, originadas de uma área, denominada por píxel. No monitoramento de focos, a área do pixel varia de 4 km<sup>2</sup> para os satélites geoestacionários, a um km<sup>2</sup> nos sensores AVHRR dos satélites NOAA e dos sensores MODIS dos satélites *Aqua* e Terra e, 0,15 km<sup>2</sup> nos novos sensores VIIRS dos satélites S-NPP e NOAA-20 (INPE, 2021?).

No programa do INPE são utilizados satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4µm, uma vez que queimadas com temperaturas entre 1500 e 2000 K tem o máximo de emissão na região do infravermelho (de 700-1000 nm). Como satélite de referência, o programa utiliza o sensor MODIS a bordo do satélite AQUA, com área de píxel de um km<sup>2</sup>.

O sensor MODIS possui 36 bandas com comprimentos que variam de 0,4 a 14,4  $\mu\text{m}$ . O canal infravermelho termal-médio mais importante do sensor MODIS é o de número 22, centrado em 3,6  $\mu\text{m}$ , que satura a aproximadamente 331 (trezentos e trinta e um) Kelvin, portanto em torno de 58 (cinquenta e oito) graus Celsius. Contudo, tendo em vista as superfícies encontradas no planeta Terra, não seria plausível que ao atingir a temperatura de cinquenta e oito graus, a área fosse considerada como foco de queima. Dessa maneira, o sensor conta com o auxílio de outros canais, como por exemplo, de número 31 (trinta e um) que é centrado em 11 (onze)  $\mu\text{m}$ , que possibilita ao algoritmo eliminar falsos focos (INPE, 2021?).

Esse sensor, além de utilizar deste método para eliminar possíveis falsos focos, também faz uso de métodos restritivos quanto a imagens diurnas, pois superfícies reflexivas podem interferir na detecção de vegetação queimada. Para isso, o satélite faz uso dos canais da faixa do visível (INPE, 2021?). Para que fosse possível utilizar dos canais da faixa do visível, o programa identificou focos recorrentes, como siderúrgicas, vulcões ativos, indústrias que manuseiam substâncias de altas temperaturas, entre outros. Esses locais, foram inseridos no banco de dados do processador do algoritmo como sendo pontos de focos recorrentes, portanto, não são contabilizados e são considerados “Focos espúrios” (INPE, 2021?).

Uma característica que deve ser considerada ao se analisar imagens de satélite é a relação tamanho da área e intensidade do fogo, pois pode ser que uma área considerada grande esteja sendo atingida por uma intensidade de fogo menor, enquanto outra área menor esta sendo atingida por uma intensidade maior. Nesse caso, o sensor do tipo MODIS pode vir a indicar a mesma temperatura para os dois focos de fogo, dependendo da relação das duas áreas e da diferença no valor das temperaturas do fogo (INPE, 2021?).

### 5.1.2 MapBiomias Fogo

O Projeto MapBiomias foi desenvolvido com o intuito de mapear o uso e cobertura do solo do Brasil, tendo como forma de divisão os complexos vegetacionais brasileiros. Esse projeto possui uma rede colaborativa de especialistas que auxiliam no processamento e classificação dos dados que são gerados na nuvem. Esse processamento e operação dos dados são realizados por meio da Plataforma *Google Earth Engine*, de modo a gerar uma série histórica. (MAPBIOMAS, 2021?)

O MapBiomias possui diferentes metodologias para análise de cursos d’água, desmatamento e regime do fogo. Tendo como enfoque o regime do fogo, a metodologia consiste na utilização de mosaicos oriundos das imagens dos satélites *Landsat 5, 7 e 8*, no período compreendido entre 1985 até 2020 (MAPBIOMAS, 2021?).

O *Landsat 5*, possui câmera do tipo MSS (*Multispectral Scanner System*) e sensor TM (*Thematic Mapper*), entretanto o sensor MSS deixou de enviar dados em 1985, enquanto o sensor TM manteve-

se ativo até 2011. Após o desligamento do sensor TM, o MSS foi religado, mas capturou imagens apenas dos Estados Unidos (EMBRAPA, 2021?).

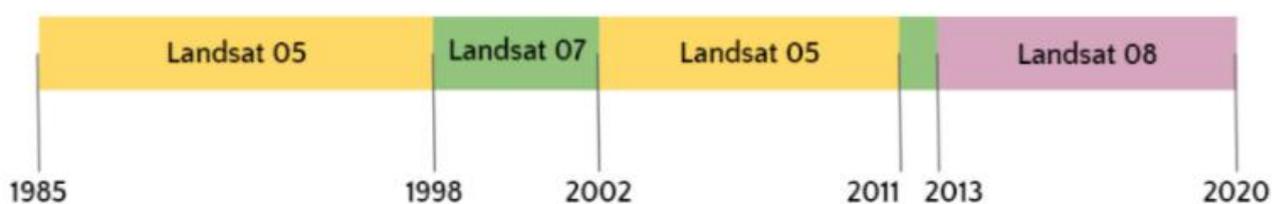
Para o *Landsat 7*, houve uma inovação, onde passou-se a ter o ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), lançado em 1999. Esse artefato foi capaz de ampliar as possibilidades oferecendo melhoria da acurácia do sistema e permitiu a composição de bandas coloridas com 15 metros de resolução. O satélite em questão enviou dados completos até 2003, e, após essa data, necessita de correções para torná-las aptas à sua utilização (EMBRAPA, 2021?).

O último satélite utilizado, o *Landsat 8*, foi lançado em 2013, e apresentou os novos instrumentos OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). O sensor OLI foi concebido para dar continuidade aos produtos gerados pelos sensores TM e ETM+ dos satélites *landsat 5* e *landsat 7*, respectivamente, além de incluir duas bandas espectrais para estudos das áreas costeiras e detecção de nuvens do tipo *cirrus* (EMBRAPA, 2021?)

A primeira etapa da classificação de cicatrizes de queimadas pelo MapBiomas consiste na definição de 21 regiões separadas por biomas brasileiros nas quais serão coletadas amostras de treinamento com base em fatores edafoclimáticos e da vegetação regional. Essas cicatrizes são definidas como sendo o comportamento espectral que as áreas queimadas apresentam após o consumo do fogo, parcial ou totalmente, do material combustível (LOMBARDI, 2005)

Posteriormente são feitos mosaicos anuais de imagens *landsat* de 1985 a 2020, as imagens do satélite *Landsat 5* são utilizadas para o período compreendido entre 1995 até 1998 e no período de 2002 até 2011. De 1998 a 2002 e de 2011 a 2013, foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 7*. Por fim, as imagens do satélite *Landsat 8* foram utilizadas para o período de 2013 até 2020 (MAPBIOMAS, 2021?)(Figura 5.1).

Figura 5.1: Periodicidade de utilização de imagens de cada satélite *Landsat*



Fonte: MapBiomas (2021?).

Após a classificação destes biomas, divididos por regiões, são realizado mosaicos das imagens *Landsat*, que possuem um intervalo de captura de 16 dias. No total já foram avaliadas 154.251 cenas por meio desses satélites, com uma resolução espacial de 30 metros. Foram gerados mosaicos anuais

realizando a composição de todas as imagens de 16 dias em uma única imagem utilizando o Índice de Queimada por Razão Normalizada (NBR, *Normalized Burn Ratio*) (KEY AND BENSON, 2006; MAPBIOMAS FOGO, 2021?) (Equação 1).

$$NBR = \frac{\lambda NIR - \lambda SWIR}{\lambda NIR + \lambda SWIR} \quad (1)$$

Onde o  $\lambda NIR$  corresponde a reflectância relativa a banda posicionada no infravermelho próximo (NIR), no satélite *landsat 5* e *7* essa banda corresponde a banda 4 no satélite *landsat 8* corresponde a banda 5. O  $\lambda SWIR1$  é a reflectância da banda posicionada no infravermelho de ondas curtas (SWIR), que corresponde a banda 5 para o *landsat 5* e *7* e a banda 7 para o *landsat 8* (Tabela 5.1).

A vegetação considerada saudável mostra uma refletância relativamente alta no NIR e baixa refletância na porção SWIR do espectro. Essa tipo de refletância é o oposto do que é visto em áreas devastadas por queimadas, aumentando o contraste entre a vegetação queimada e não queimadas após a aplicação do NBR (KEY E BENSON, 2006).

Tabela 5.1: Bandas espectrais usadas pelos *Landsat's* do Projeto MapBiomias

Banda Spectral	Landat 5 e 7		Landat 8	
	Numero da Banda	Comprimento da banda ( $\mu\text{m}$ )	Número da Banda	Comprimento da Banda ( $\mu\text{m}$ )
<b>Vermelha</b>	3	0.63-0.69	4	0.64-0.67
<b>NIR</b>	4	0.76-0.90	5	0.85-0.88
<b>SWIR1</b>	5	1.55-1.75	6	1.57-1.65
<b>SWIR2</b>	7	2.08-2.35	7	2.11-2.29

Fonte: MapBiomias Fogo (2021?)

Após a aplicação do índice NBR, são coletadas as amostras de treinamento para a classificação automática. Foram coletadas 280.456.236 amostras, sendo 32% de áreas queimadas e 68% de áreas não queimadas. Essas amostras foram coletadas para os diferentes sensores da série *Landsat* (coletados em anos diferentes) e separadas nas 21 regiões delimitadas pelo projeto MapBiomias Fogo (MAPBIOMAS FOGO, 2021?).

Das amostras de treinamento coletadas, 70% são utilizadas como dado entrada para classificação no algoritmo baseado em *Deep Neural Network* (Redes Neurais Profundas). O algoritmo de classificação consiste em modelos computacionais capazes de reconhecer padrões fornecidos pelas amostras de treinamento. As seguintes bandas espectrais foram utilizadas como entrada do modelo de classificação: vermelho (vermelho - 0,65  $\mu\text{m}$ ), infravermelho próximo (NIR - 0,86  $\mu\text{m}$ ) e infravermelho de onda curta (SWIR 1 - 1,6  $\mu\text{m}$  e SWIR 2 - 2,2  $\mu\text{m}$ ). Em adição foram utilizadas, as bandas *Landsat 2 a 7* e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Os índices NBR e Delta NBR foram testados com 30% das amostras de treinamento (MAPBIOMAS FOGO, 2021?).

Após a etapa de classificação foram aplicados filtros nas áreas que não foram classificadas. As áreas não classificadas que se apresentaram na área entre 1,4 a 5,8, são classificadas como queimadas e áreas menores do que 1,4 hectare foram classificadas como não queimadas (MAPBIOMAS FOGO, 2021?).

A etapa final consistiu na aplicação de filtros de pós-classificação que consideram o tipo de uso e cobertura do solo para exclusão de cicatrizes de queimadas. São excluídas da classificação cicatrizes de queimadas associadas aos usos e cobertura da terra por biomas listados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Critérios de exclusão da classificação de cicatrizes de queimada em relação ao uso e cobertura da terra por Biomas.

<b>Biomas</b>	<b>Uso e cobertura do solo como critério de exclusão</b>
<b>Amazônia</b>	Água, afloramento rochoso e área urbana
<b>Caatinga</b>	Água e afloramento rochoso
<b>Cerrado</b>	Água e área urbana
<b>Mata Atlântica</b>	Água, área urbana e arroz
<b>Pampa</b>	Arroz, soja, outras culturas temporárias, área urbana e água;
<b>Pantanal</b>	Água, outras culturas temporárias e soja

Fonte: MapBiomas (2021).

Após a classificação e as etapas de pós classificação, o sistema realizou a etapa de validação. Para a validação, os anos de 2007, 2011 e 2019 foram divididos em grades de 2km x 2km e integradas espacialmente com o mapeamento de área queimada do *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) para os mesmos anos. O MapBiomas considerou grades da seguinte forma: (i) sem a ocorrência de queimadas; (ii) com até 32% da ocorrência de queimadas; (iii) com ocorrência de fogo entre 32% e 70% e, por fim, (iv) com ocorrência de incêndio acima de 70%. Deste modo, as grades foram divididas em quatro grupos para cada um dos biomas brasileiros com a finalidade de obter amostras de validação. Para o Cerrado, foram coletadas 370 amostras aleatórias para validação dos dados. (MAPBIOMAS, 2021?).

A próxima etapa de validação consistiu em verificar visualmente se as amostras selecionadas correspondiam com a ocorrência ou não de queimadas. As amostras de validação foram integradas espacialmente com o mapeamento de área queimada do MapBiomas e permitiu avaliar locais que foram mapeados e interpretados como sendo área queimada, os locais que foram mapeados e interpretados como área não queimada, os locais que foram mapeados como área queimada e interpretados como área não queimada (erro de inclusão). E, finalmente, os locais que foram mapeados como área não queimada e foram interpretados como área queimada (erro de omissão).

Desta forma, foi possível avaliar o grau de inclusão e omissão de erros, bem como a acurácia global, para cada um dos biomas listados, e também para o Brasil, para os anos de 2007, 2011 e 2019 (MAPBIOMAS, 2021?).

## 5.2 Métodos

Por meio do processo de revisão bibliográfica foi determinada a área de estudo pelo Parque Nacional da Serra do Cipó e o seu entorno imediato, contemplando uma área de 10 km. Esse perímetro de 10 km compreende a zona de amortecimento do PARNA, que de acordo com a lei no 9.985, de 18 de Julho de 2000 é definida como “onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. E em fase posterior ao processo de definição da área de estudo, deu-se início ao processo de coleta de dados por meio do site do INPE e MapBiomas.

Os dados do INPE para o período de 2000 a 2021 foram retirados do site oficial do Programa Queimadas (<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>). Em seguida foi selecionado o período compreendido entre 2000 e 2021, abrangendo a área do parque e sua zona de amortecimento e assim os dados foram baixados em formato de planilha. Após os dados serem baixados, foram aplicadas fórmulas para quantificação de registros anuais e suas respectivas médias. Deste modo, foi possível verificar qual mês de cada ano da série temporal apresentou o maior número de registros. E a partir destes dados foram elaborados gráficos e tabelas que possibilitaram analisar toda a riqueza de dados coletadas pelas tabelas. A tabulação destas informações visaram facilitar a compreensão dos dados uma vez que o número de informações disponíveis é significativa.

Os dados do projeto MapBiomas compreendem o período de 1985 a 2020 e foram distribuídos através da plataforma *Google Earth Engine* onde foram baixadas no formato TIFF. Para este estudo foram selecionados os anos de 2000 a 2020 e as imagens *raster* baixadas da plataforma *Google Earth Engine* foram inseridas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS e projetadas para *Universal Transversor de Mercator* (UTM) zona 23 sul, utilizando o *datum* SIRGAS 2000, *datum* oficial do território brasileiro. Após inserir a projeção, as imagens foram recortadas para a área de interesse desse estudo.

A partir desse recorte foi possível analisar, por meio da tabela de atributos confeccionada para cada imagem, as áreas queimadas e não queimadas no decorrer de cada ano analisado e também a frequência do fogo para o período de 2000 a 2020.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

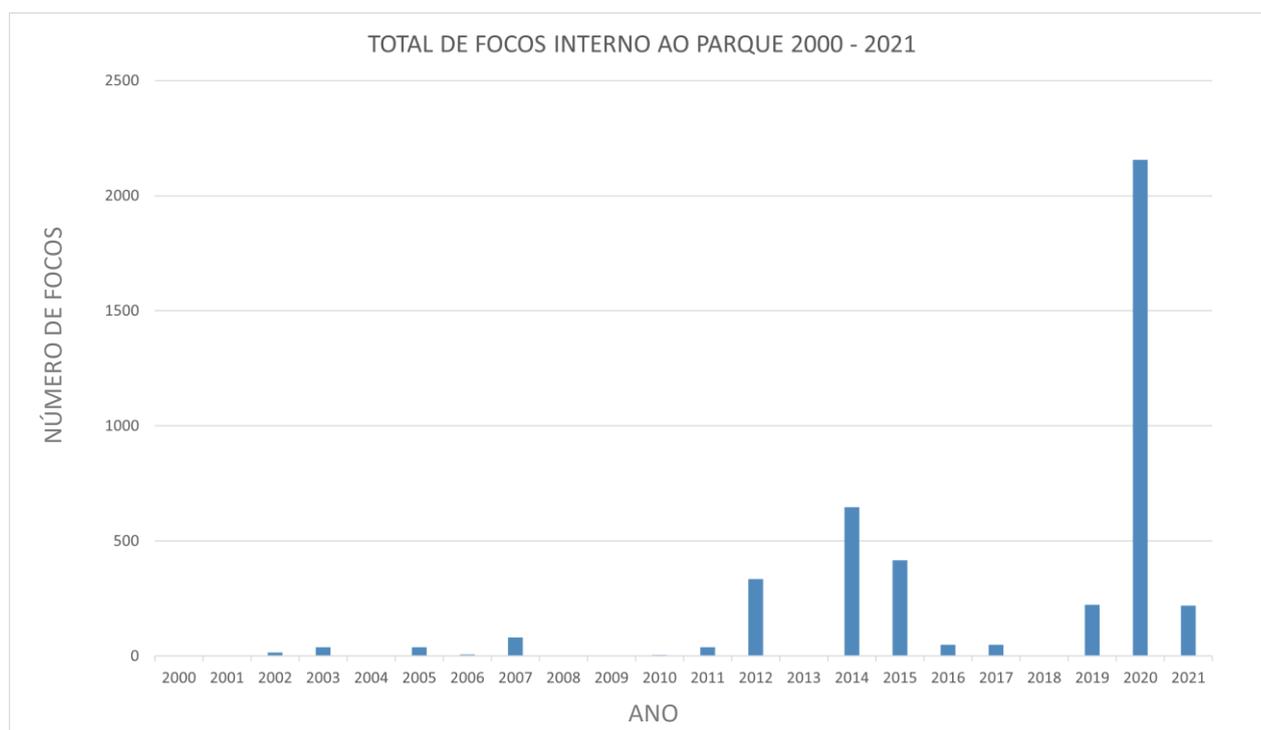
### 6.1 Dados do INPE

Após observar as mudanças relacionadas à composição do cerrado, foi notado uma grande contribuição das ações antrópicas para a sua caracterização atual, especialmente em função das atividades agrícolas e da pecuária, que são recorrentes sobre a área de estudo e se configuram como os principais fatores desencadeadores para o desmatamento deste complexo vegetacional.

Dados originados dos satélites do INPE foram processados durante os últimos 21 anos com o intuito de compreender a dinâmica das queimadas. A área adotada para análise foi o interior do Parque Nacional da Serra do Cipó, no estado de Minas Gerais e um raio de 10 km em relação ao seu entorno, que abrange a zona de amortecimento do parque, conforme o Plano de Manejo (MADEIRA, 2009).

A partir da análise dos dados encontrados, tendo como área de estudo o interior do parque, observou-se que os anos de maior incidência de focos de queimadas foram 2015, 2014 e 2020, apresentando 647, 417, e 2157 registros, respectivamente. No ano de 2020 foi notado um aumento de mais de 200% em relação a 2014, o segundo ano de maior incidência de focos (Figura 6.1). O período compreendido entre 2000 e 2012 apresentou os menores registros de focos de calor, não ultrapassando 350, sendo que os anos de 2000, 2013 e 2018 não apresentaram nem mesmo um registro durante todo o ano, seguidos dos menores valores compreendidos pelos anos de 2001, 2008 e 2009, apresentando os valores de um, dois e três focos, respectivamente.

Figura 6.1: Série temporal de focos de incêndio interno ao PNSC



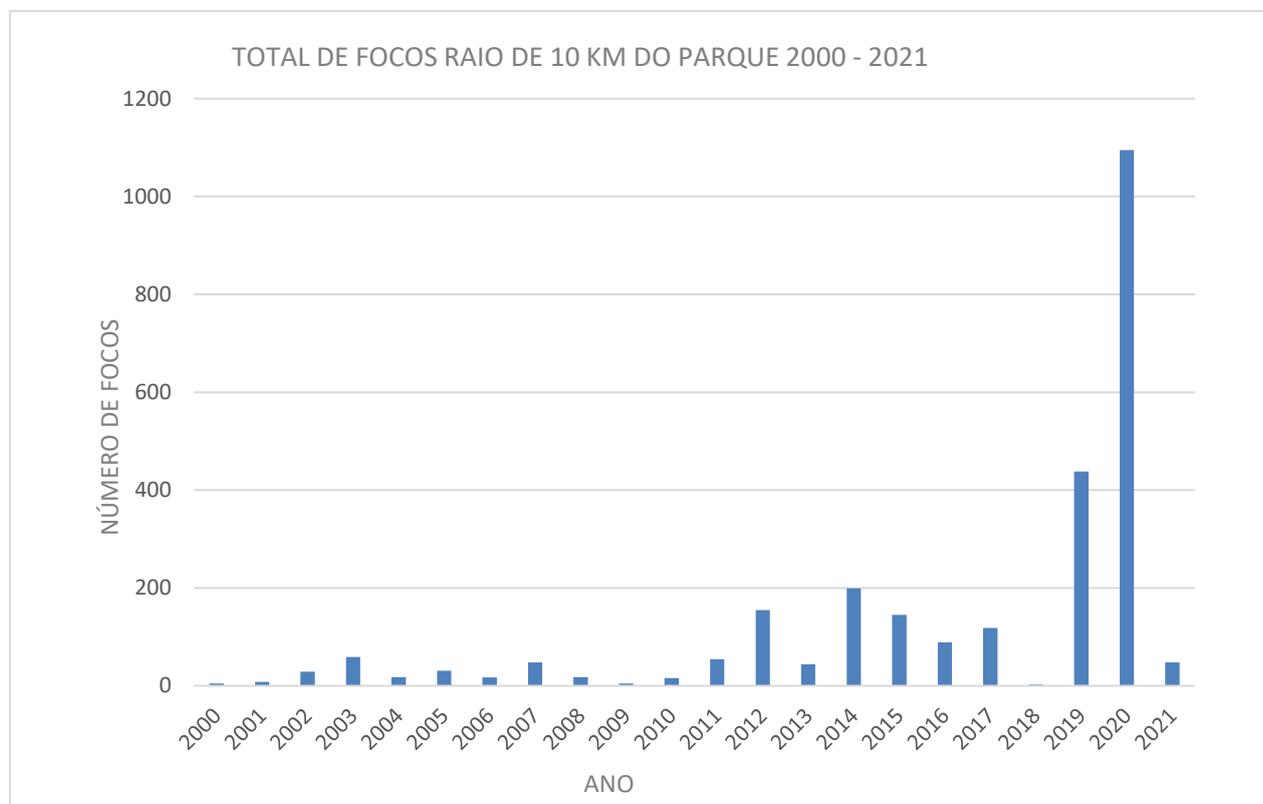
Fonte: A Autora (2022).

Pela análise do gráfico, é possível observar que, no ano de 2014, houve um aumento no registros de queimadas, o qual pode estar associado com registros de uma seca severa na região sudeste do país (BRAGA E MOLION, 2018), que deixou a biomassa mais seca e, por conseguinte, mais suscetível à queimadas durante a estação de estiagem das chuvas. Quando analisado todo o domínio morfoclimático do Cerrado, a realidade foi diferente da encontrada no interior do parque, onde o ano de 2007 correspondeu ao ano de maior incidência de queimadas, seguido do ano de 2010 (INPE, 2021?).

Considerando a área de 10 km externos ao parque, 2020 foi o ano com o maior registro de focos de calor, coincidindo com o ano de maior registro da área interna ao PARNA. Entretanto, há diferenças do segundo e terceiro maiores anos, sendo compreendidos pelos anos de 2019 com 438 focos e 2014 com 199. O ano de 2020 registrou 1095 focos, o que relata uma diferença de aproximadamente 150% em relação a 2019, o segundo ano de maior incidência.

Os anos de menor incidência de focos de calor na região externa ao PARNA foram 2009, 2000 e 2018, apresentando os valores de três registros para o primeiro ano e cinco para ambos os últimos.

Figura 6.2: Série temporal de focos de incêndio em um raio de 10 km do PNSC



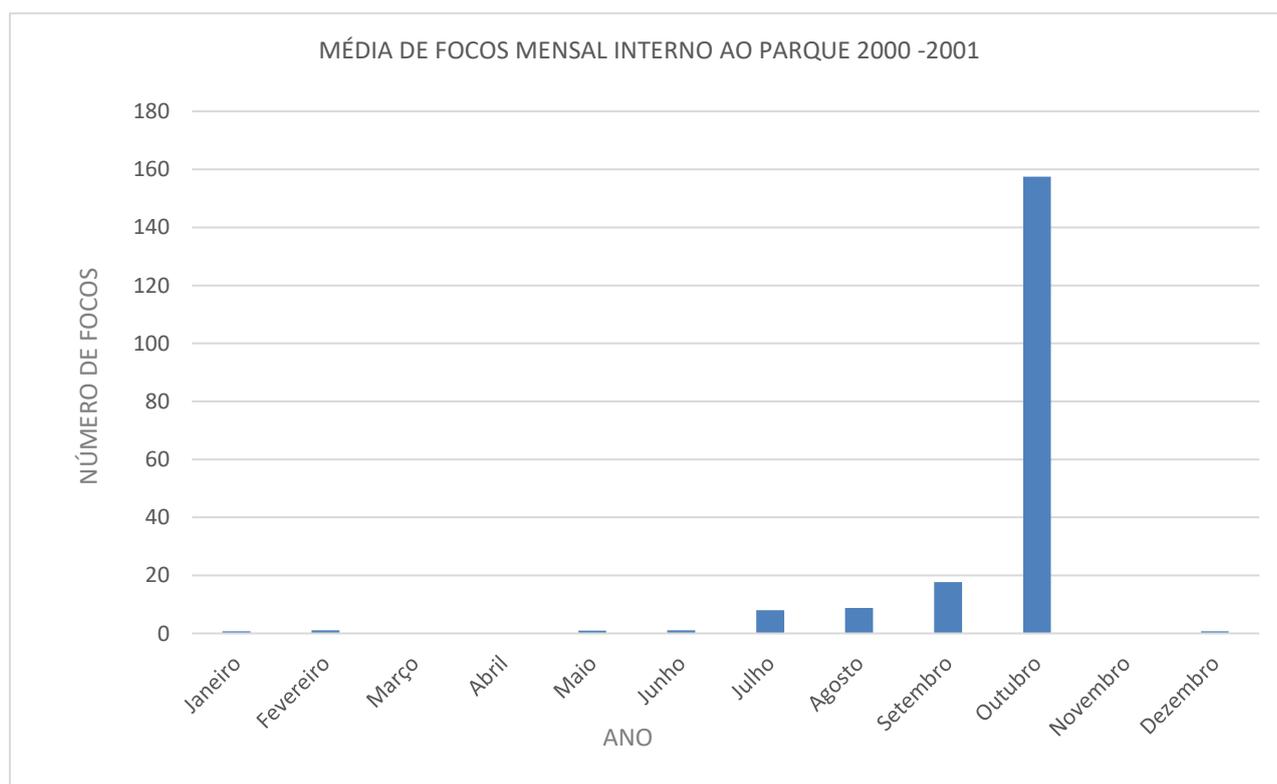
Fonte: A Autora (2022).

Com o intuito de compreender o comportamento do fogo e identificar o período do ano com os maiores registros de calor, a série temporal do PARNA e da sua região exterior foi analisada

mensalmente. Os maiores registros de queimadas da área de estudo aconteceram nos meses de julho a outubro, período que compreende a estação seca. A região analisada abrange o clima tropical de altitude, o qual se caracteriza pelo verão chuvoso e o inverno seco. Deste modo, a biomassa acumulada durante os períodos úmidos se torna seca durante os meses de julho a outubro e se transformam em fonte combustível para o fogo, proporcionando um número elevado de incêndios, sendo difícil até mesmo o seu controle.

Após analisar os dados internos ao parque no mês de julho foi obtido uma média de 7,9 focos de calor, enquanto que, nos meses de agosto, setembro e outubro foram apresentados uma média de 8,7, 17,7 e 157,5, respectivamente, ressaltando que, neste último mês, encontra-se o maior número de registros de focos de calor. Portanto, com esta análise, foi possível observar que os maiores registros de queimadas estão associados ao final do período seco, na transição entre o inverno e o outono .

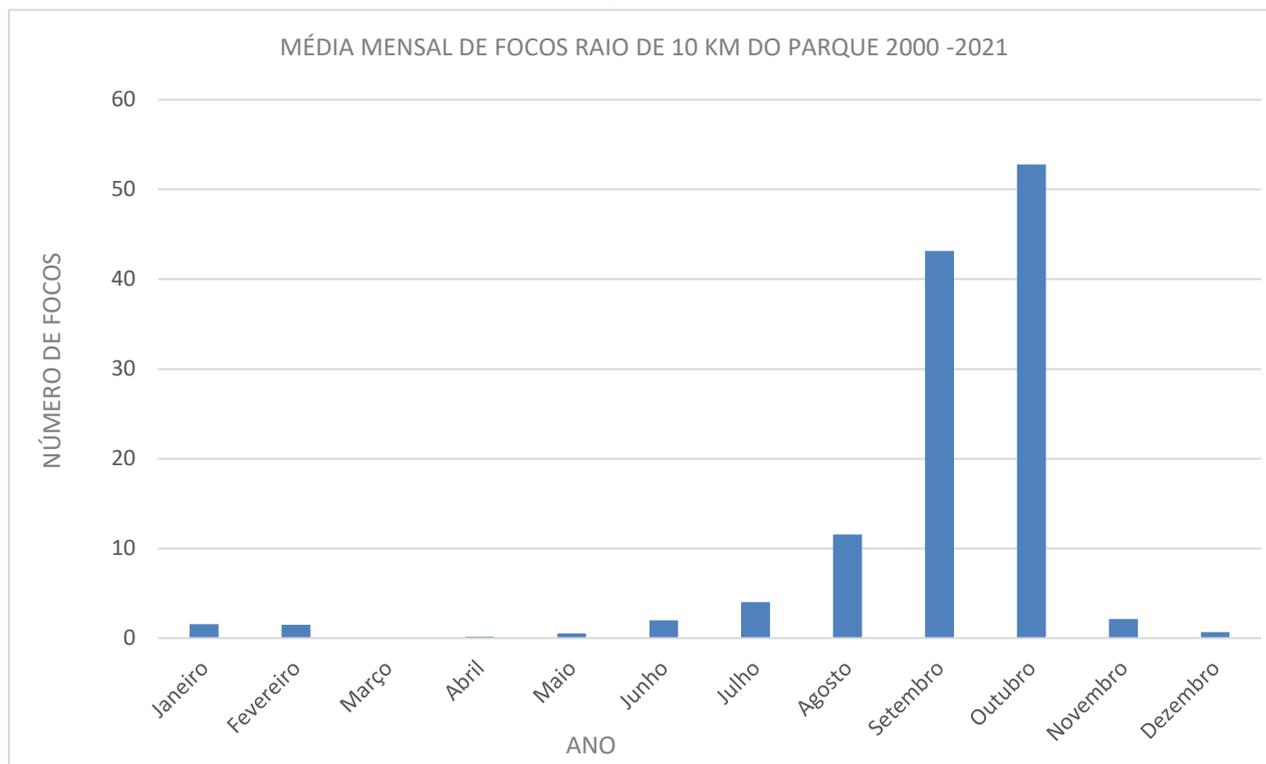
Figura 6.3: Série temporal da média de focos mensais de incêndios internos ao PNSC



Fonte: A Autora (2022).

Na região do *buffer* de 10 km, as maiores médias de focos de calor aconteceram nos meses de outubro e setembro, registrando uma média de 52,8 e 43,1 focos de calor, respectivamente.

Figura 6.4: Série temporal da média de focos mensais de incêndios em um raio de 20 km ao PNSC



Fonte: A Autora (2022).

Após análise de todos os gráficos referentes à região interna do PARNA Serra do Cipó e seu entorno, em um raio de 10 km, foi possível notar uma semelhança em relação à estação de maior incidência, compreendida pelo período seco. Seguindo esta análise, entretanto, verificou-se uma diferença em relação aos pontos de máximo entre os gráficos da região interna e externa do PNSC, de modo que, a diferença entre os valores dos meses de maior incidência no interior do parque se mostrou mais atenuada. Ao passo que, no *buffer*, os pontos de máximo dos dois meses, compreendidos por setembro e outubro, se mostraram mais próximos um do outro.

A diferenciação numérica em relação à quantidade de focos foi um facilitador para a compreensão do comportamento do fogo. E, desta forma, foi possível analisar por meio de tabelas, os meses de cada ano da série histórica adotada em que houveram maiores registros de pontos de queimadas. Tais tabelas auxiliaram a compreensão da ocorrência do fenômeno, e, por sua vez, também podem ajudar no direcionamento da tomada de decisão e da criação de medidas preventivas e mitigadoras sobre a ocorrência de queimadas no PNSC e seu entorno, uma vez que a proporção destes problemas podem ser melhor entendidas.

A tabela referente aos dados de focos de queimadas internas ao parque reforçam a ideia de criticidade do mês de outubro, que atingiu o seu maior valor no ano de 2020, e obteve o registro máximo de 1.907 focos. Agosto foi o segundo mês com os maiores registros de focos de calor na análise da série histórica, chegando a 72 focos de calor em 2007.

Tabela 6.1 – Registros dos meses de maior incidência de queimadas internas ao PARNA Serra do Cipo

Ano	Mês de maior incidência de focos	Número de focos
2000	-	0
2001	Julho	1
2002	Agosto	7
2003	Outubro	13
2004	Setembro	3
2005	Outubro	39
2006	Agosto	3
2007	Agosto	72
2008	Maio - Setembro	1
2009	Novembro	2
2010	Setembro	5
2011	Agosto	21
2012	Outubro	298
2013	-	0
2014	Outubro	642
2015	Outubro	394
2016	Julho	29
2017	Setembro	41
2018	-	0
2019	Outubro	163
2020	Outubro	1907
2021	Julho	120

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 6.2 – Registros dos meses de maior incidência de queimadas em um *buffer* de 10km do PARNA Serra do Cipo

Ano	Mês de maior incidência de focos	Número de focos
2000	Outubro	3
2001	Julho - Setembro	3
2002	Setembro	21
2003	Outubro	43
2004	Setembro	13
2005	Outubro	15
2006	Julho	7
2007	Setembro	19
2008	Outubro	7
2009	Agosto	3
2010	Agosto	7
2011	Setembro	26
2012	Setembro	103
2013	Setembro	11
2014	Setembro	86
2015	Outubro	101
2016	Agosto	36
2017	Outubro	53
2018	Janeiro	3
2019	Outubro	185
2020	Outubro	626
2021	Junho – Setembro	22

Fonte: A Autora, (2022).

Cabe destacar que, a partir da verificação dos dados fornecidos para o *buffer* de 10 km externos ao parque, a realidade foi diferente daquela encontrada para a região interna. Sendo que o mês de setembro foi o que apresentou os maiores registros de queimadas, entre os 9 anos da série temporal analisada, nos anos de 2000 a 2021. Por sua vez, o mês de outubro apresentou valores muito maiores do que os apresentados pelo mês de setembro, nos anos em que foi considerado o mês de maior incidência de focos. Ao realizar a soma total dos focos encontrados na série temporal adotando primeiramente o mês de outubro, como sendo o mês do ano que apresentou maior número de registros, o valor encontrado foi de 1.033, enquanto que em setembro o valor foi de 304 focos de calor.

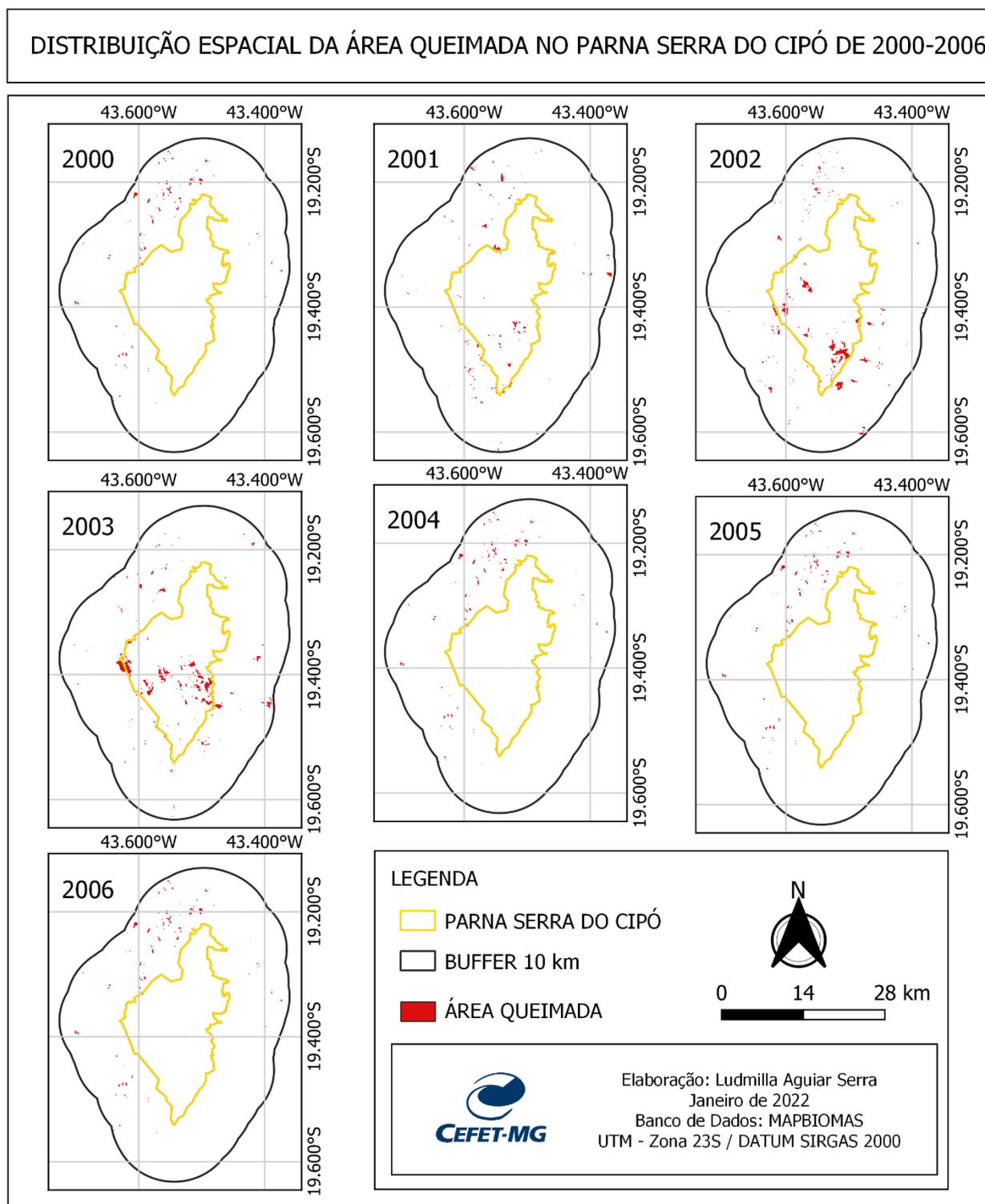
Por fim, os campos em que não houve mês escrito correspondem aos anos em que não foram registrados nem mesmo um foco de queimada, sendo assim, não há como estabelecer um mês que apresentou maior número de registros.

## **6.2 Dados do Projeto MapBiomias**

Com a finalidade de observar a distribuição espacial das queimadas e avaliar a área queimada no PARNA e no seu entorno, utilizou-se dados do projeto MapBiomias Fogo. Essas informações visam a complementação dos dados encontrados. Essa complementação se dá pelo fato de uma plataforma, o INPE, relatar a quantidade de focos registrados, focos ativos, enquanto que a outra irá representar a área das cicatrizes de queimadas, ou seja, o rasto deixado pela passagem do fogo.

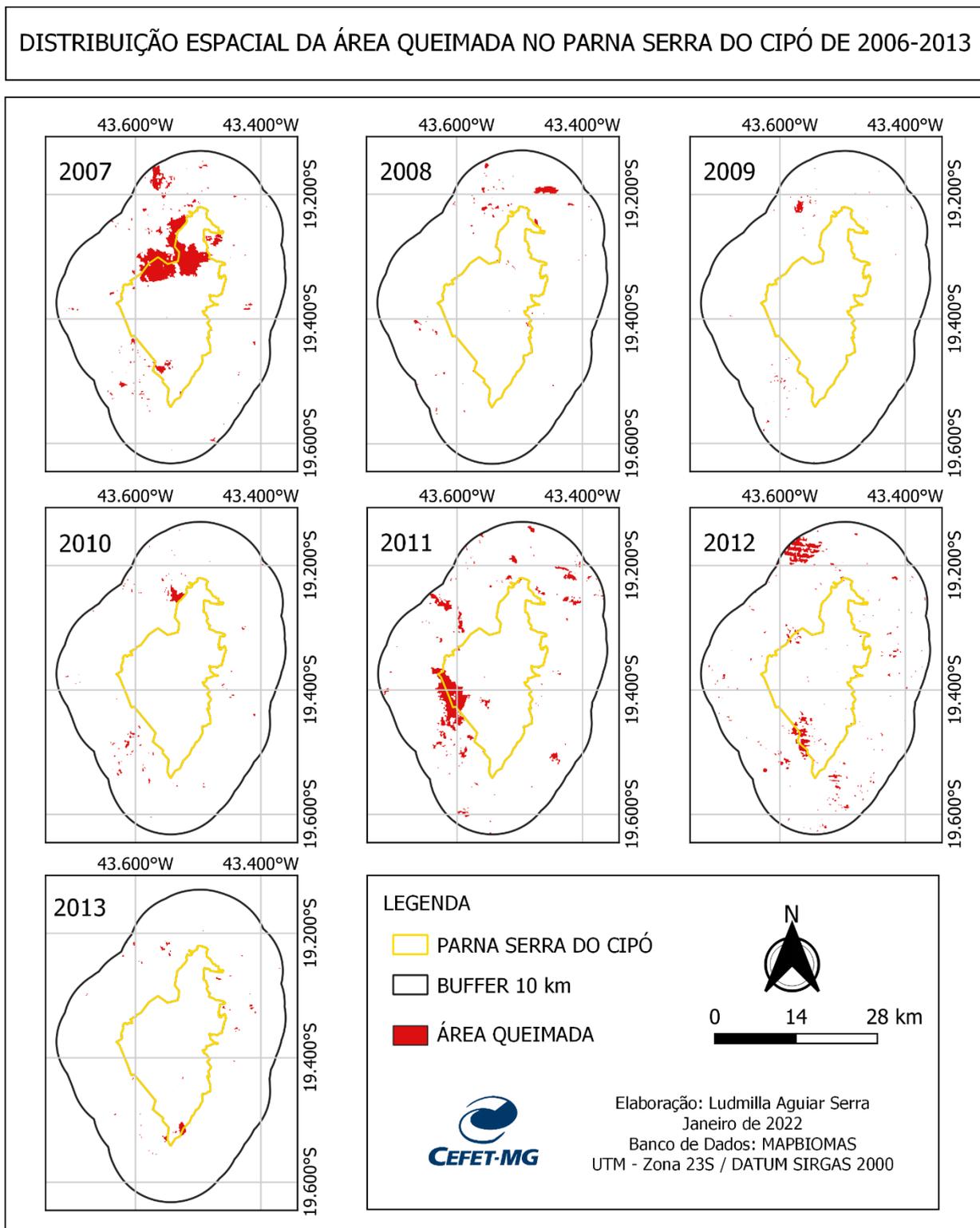
Para complementar a análise, foram confeccionados mapas anuais para o período de 2000 a 2020, trazendo as informações referentes às cicatrizes de queimadas encontradas no PARNA Serra do Cipó e no seu raio de 10 km.

Figura 6.5: Distribuição espacial da área queimada no interior e *buffer* de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2000-2006



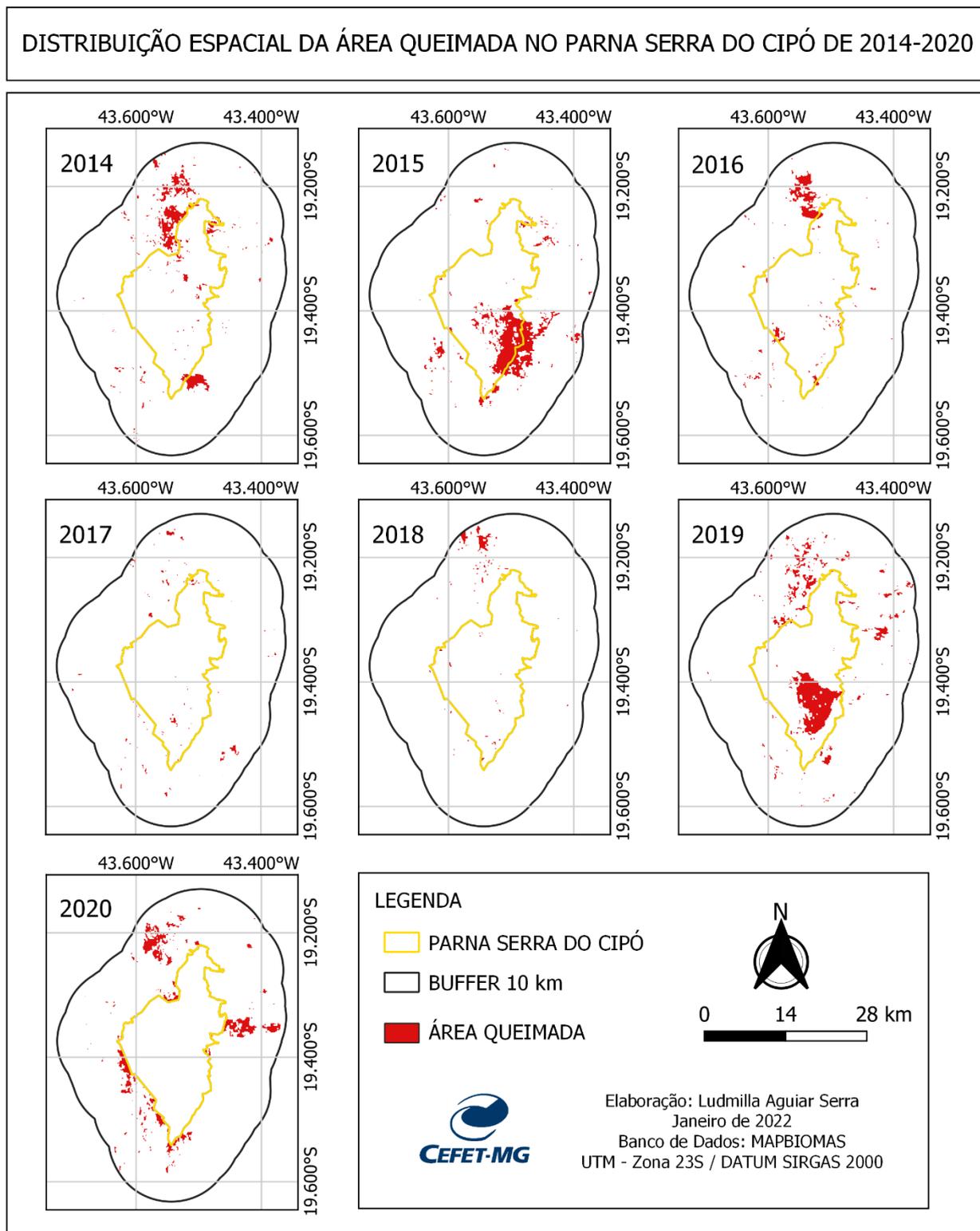
Fonte: A Autora (2022).

Figura 6.6: Distribuição espacial da área queimada no interior e *buffer* de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2007-2013



Fonte: A Autora (2022).

Figura 6.7: Distribuição espacial da área queimada no interior e *buffer* de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2014-2020



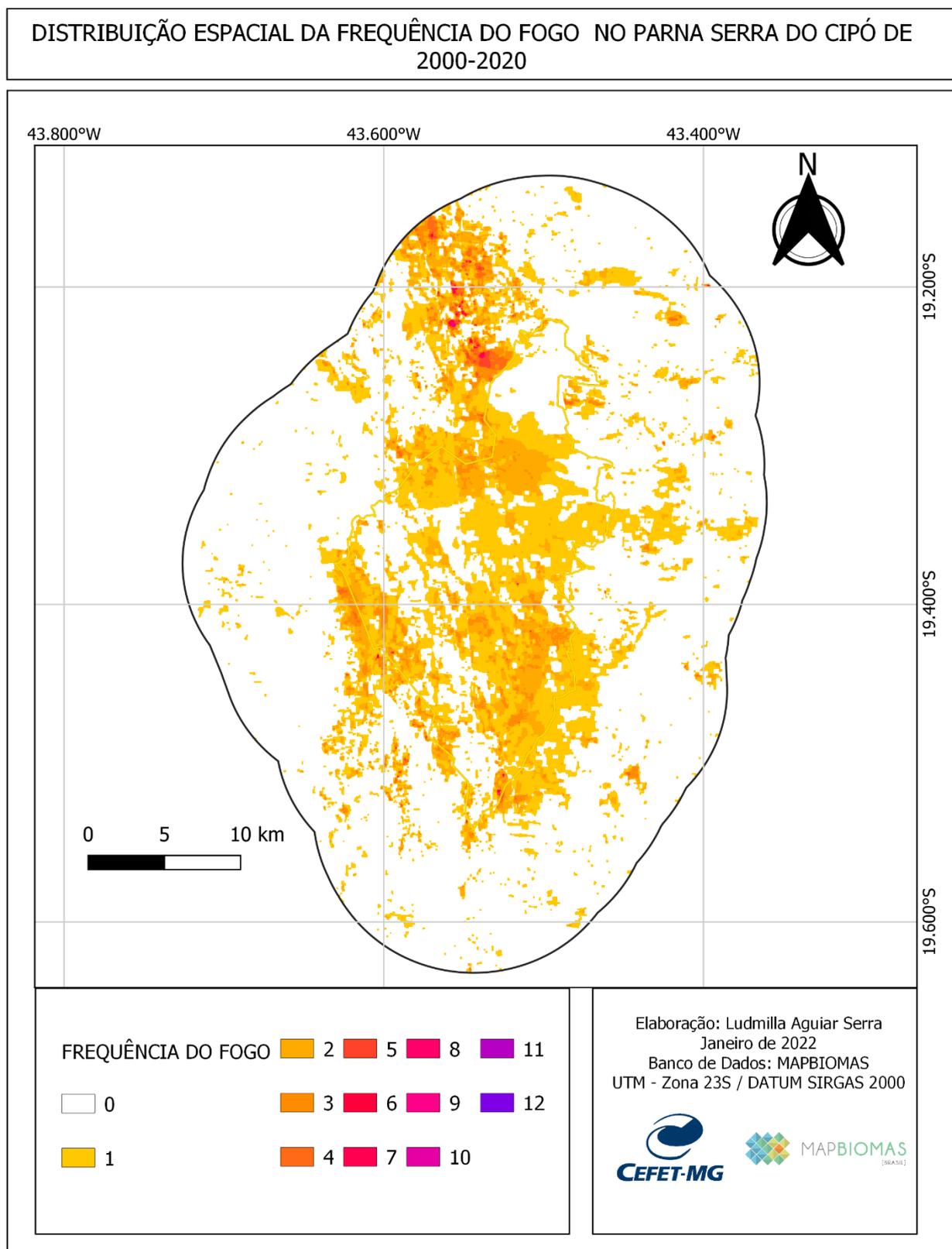
Fonte: A Autora (2022).

Após a elaboração e análise dos mapas, constatou-se que os anos de 2020, 2007, 2011 e 2014 foram os que apresentaram maiores áreas queimadas na região externa ao parque, apresentando 50101,2 ; 40798,8; 40392,9; 39580,2 km<sup>2</sup>; respectivamente. Enquanto que, na região interna, os anos de maior incidência de cicatrizes foram registrados nos anos de 2020, 2019, 2007 e 2015, apresentando valores de 95240,7; 46328,4; 43624,8; 38630,7 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Uma característica importante na análise dos mapas, durante o intervalo de 2007 a 2011, se refere à relação estabelecida entre o fogo e a região limítrofe do parque em relação à sua zona de amortecimento. O fogo nestes dois anos apresentou-se concentrado na região de divisão, sendo 2007 na região noroeste enquanto no ano de 2011 concentrou-se na região sudoeste do PNSC. Por fim, o ano de 2020, foi considerado aquele que obteve a maior área queimada no período analisado, tendo uma área total queimada de 145.345,9 quilômetros quadrados

Os dados coletados por meio da análise da área de estudo possibilitaram a compreensão de que nem sempre o ano que apresentou maior número de focos corresponde ao período que apresentou a maior quantidade de quilômetros quadrados queimados. Essa ideia reforça a necessidade de compreensão do comportamento do fogo e não somente a quantificação dos registros. E, além deste dado, foi possível elaborar um mapa contendo a frequência do fogo para todo o período adotado.

Figura 6.8: Distribuição espacial da frequência do fogo no interior e *buffer* de 10km do PARNA Serra do Cipó no período de 2000-2020



Fonte: A Autora (2022).

As regiões afetadas entre uma e sete vezes foram as mais presentes no mapa, apresentando-se como 100% quando analisado a área interna e 99% quando analisado a área externa, apresentando poucos registros fora deste intervalo. Regiões que foram registradas apenas uma vez foram a grande maioria, apresentando uma área de 370.720,8 km<sup>2</sup>, enquanto que regiões que apresentaram registros sete vezes corresponderam à apenas 220,5 km<sup>2</sup>. E as regiões afetadas por números superiores a sete, somadas, apresentaram uma área de 331,2 km<sup>2</sup>.

Por fim, por meio deste último mapa foi possível notar que as regiões internas e externas ao parque queimaram de uma e três vezes durante o período analisado, trazendo a área noroeste como a mais atingida pelo fogo. Em análise locacional foi notado que essa região encontra-se mais próxima aos municípios de Santana do Riacho e Morro do Pilar.

## 7. CONCLUSÃO

Considerando a necessidade da passagem do fogo para o mantimento das características de alguns domínios mofoclimáticos do Cerrado, se torna necessário a sua compreensão para que medidas em prol da sua preservação se tornem eficientes. Queimadas em rodízios, abrangendo pequenas áreas, reduzem a possibilidade de incêndios em grandes proporções e que podem ocorrer de modo fora de controle.

Para a aplicabilidade de técnicas corretas no tempo adequado é necessário conhecimento do comportamento do fogo na região, além das características da área em questão. Assim é possível estabelecer quais as melhores formas de impedir a ocorrência de fenômenos indesejados, capazes de devastar toda uma paisagem.

Foi possível notar que o fogo na região do Parque Nacional da Serra do Cipó, no estado de Minas Gerais, apresentou uma relação direta com as condições climáticas e as atividades antrópicas. Nos anos em que ocorreram secas muito severas, sua passagem abrangeu áreas de extensão significativa tanto na região interna ao parque, quanto em um raio de 10 km externos, o qual engloba sua zona de amortecimento. Além dos anos analisados, foi notado que os meses de maior incidência foram setembro e outubro, os quais são compreendidos pelo período de estiagem na época da seca.

A partir disso foi possível associar a importância do monitoramento do fogo por meio de imagens de satélite, pois a partir delas é possível emitir alertas que podem ser repassados à população. E, compreendendo essa relação direta com as condições climáticas, os períodos de seca devem ser monitorados com maior atenção. Ao analisar, identificar e compreender as áreas mais vulneráveis dessa região, foi possível direcionar a tomada de decisão em relação às possíveis medidas protetivas e mitigadoras mais adequadas para a área. Portanto, os anos em que a biomassa apresentar-se demasiadamente seca, ressalta-se a necessidade de um cuidado maior para a preservação do meio biótico, de modo a atenuar seus danos ao meio ambiente e à população do entorno.

## 8. RECOMENDAÇÕES

Devido à necessidade da passagem do fogo no domínio morfoclimático do Cerrado, é necessário que cuidados sejam tomados quando da sua passagem. Fatores climáticos, atividades antrópicas, dentre outros fatores, interferem de forma significativa para o seu alastramento e incidência.

O presente trabalho contribuiu para a análise ambiental da área de estudo, sendo considerado de suma importância, na medida em que estabelece o padrão de distribuição das queimadas dos últimos 20 anos sobre a região do Parque Nacional da Serra do Cipó, uma Unidade de Conservação, para o período abordado. Por meio deste estudo foi possível encontrar informações referente às áreas mais afetadas e qual o período mais delicado sobre a ocorrência de queimadas nesta área. Assim, foi possível sugerir que maiores investimentos sejam aplicados para que medidas mitigadoras e preventivas - como a construção de aceiros, criação de equipes de brigadistas, treinamento dos funcionários do parque, aplicação de cursos e palestras para conscientização da população do entorno - possam ser realizadas de maneira mais efetiva sobre o referido parque. Cabe destacar que algumas ações descritas acima já são realizadas na região, como por exemplo áreas de aceiros e equipes de brigadistas, entretanto, a partir dos dados fornecidos por este trabalho, foi possível identificar e sugerir que, nos meses de maior criticidade de incidência de fogo sobre a área estudada, especialmente durante os períodos de seca, as equipes de brigadistas sejam reforçadas e fiquem de prontidão para possíveis emergências e que os aceiros atinjam maiores áreas.

Além dos fatores naturais que envolvem as queimadas, por conta do alto grau de turismo na região, atitudes como placas educativas e informativas, palestras ao início das caminhadas ecológicas guiadas, maior quantidade de lixeiras, também devem ser tomadas pela direção do PNSC com o intuito de tornar o visitante um aliado na prevenção das possíveis queimadas. A adoção destas medidas e proposições tem o propósito de reduzir os efeitos nocivos causados pelas queimadas sobre a vegetação e também sobre a população atingida pela passagem do fogo, especialmente quando ocorrido de maneira descontrolada.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, Tatiana Gusmão. **Efeitos do fogo sobre a fauna e a flora no Cerrado**. 2001. 31 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas. À Faculdade de Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2001. Disponível em: [https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2001\\_Barcellos\\_EfeitosFogoCerrado\\_UniC EUB\\_DE3os.pdf](https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2001_Barcellos_EfeitosFogoCerrado_UniC EUB_DE3os.pdf). Acesso em: 08 set. 2021.

BARROS, F. 1987. Orchidaceae. In: Giuletta, A.M.; Menezes, N.L.; Pirani, J.R.; Meguro, M. & Wanderley, M.G.L. **Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies**. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 9: 125-130.

BENITE, Elaine Vidotto. **A tecnologia espacial como ferramenta para o monitoramento ambiental: um caminho para o desenvolvimento sustentável**. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2348>. Acesso em: 16 ago. 2021.

BERGER, Carrier; FITZGERALD, Stephen; PARKER, Bob; LEAVELL, Daniel. **Fire Science Core Curriculum**. Oregon State University Extension Service, 2017.

BRAGA, Hugo Alves; MOLION, Carlos Baldicero Luiz. **A seca de 2013/2014 na região Sudeste do Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 1, p. (100-107), mar. 2018. Disponível em <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/issue/view/1288>. Acesso em 5 de dez. 2021.

BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado **Federal**: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979. **Decreto Federal no 84.017, de 21 de Setembro de 1979**: Aprova o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros. Brasília, Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-84017-21-setembro-1979-433347-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 02 jul. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Brasília, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 15 jun. 2021.

COUTINHO, Leopoldo Magno. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 13-23, mar. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062006000100002>.

DENIPOTTI, Cláudio. **Segurança em instalações e serviços em eletricidade - Manual de treinamento - CPNSP**. São Paulo. 2005, 273 p.

EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 20 out. 2021.

FIGUEIRA, José Eugênio Cortes; RIBEIRO, Marilene Cardoso. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. **Biobrás**, [s. l], v. 2, n. 2, p. (212-227), dez. 2011. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/issue/view/15>. Acesso em: 05 ago. 2021.

FURQUIM, Leonnardo. **Plantas do cerrado: adaptação, resistência e evolução em todas condições**. 2019. Disponível em: <https://sistemafaeg.com.br/faeg/noticias/artigo/plantas-do-cerrado-adaptacao-resistencia-e-evolucao-em-todas-condicoes>. Acesso em: 29 jan. 2022.

FERNANDES, Luiza Cintra; NERO, Marcelo Antonio; TEMBA, Plínio da Costa; ELMIRO, Marcos Antônio Timbó. The use of remote sensing techniques by Modis (MCD45A1) images using to identify and evaluate burned areas in the metropolitan region of Belo Horizonte - MG, Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 143-172, 31 ago. 2020. Editora de Livros IABS. <http://dx.doi.org/10.18472/sustdeb.v11n2.2020.28145>.

ICHUKU, Charles; KAHN, Ralph; CHIN, Mian. Satellite contributions to the quantitative characterization of biomass burning for climate modeling. **Atmospheric Research**. Elsevier, p. 1-28. jul. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809512000750?via%3Dihub>. Acesso em: 05 dez. 2021.

ICMBIO. **Parque Nacional da Serra do Cipó**. [2021?] Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaserradocipo/guia-do-visitante.html>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ICMBIO. **Parque Nacional da Serra do Cipó encanta turistas e pesquisadores**. 2014. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4850-serra-do-cipo-abriga-40-sitios-arqueologicos>. Acesso em: 20 ago. 2021.

IEF. **Parque Estadual da Serra do Cipó**. [2021?] Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/3306-nova-categoria/2908-parque-estadual-da-serra-do-cipo>. Acesso em: 15 nov. 2021

INPE. **Área Queimada**. [2021?]. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/destaque/area-queimada>. Acesso em: 15 set. 2021.

INPE. **Geração de imagens**: coordenação geral de observação da terra. Coordenação Geral de Observação da Terra [2021?]. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/galeria-de-imagens>. Acesso em: 22 jul. 2021.

INPE. **Monitoramento dos Focos Ativos por Países**. [2021?] Disponível em: [https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas\\_paises/](https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_paises/). Acesso em: 20 out. 2021.

INPE. **Programa Queimadas**. [2021?] Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>. Acesso em: 05 dez. 2021.

JATOBÁ, Lucivânio; SILVA, Alineaura Florentino; GOMES, Ana Lucia Luiza. A abordagem interdisciplinar do tema o domínio morfoclimático dos "mares de morros" em Pernambuco. **Revista Equador**. Piauí, v. 3, n. 2, p. (2-18), julho/dezembro 2014. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as\\_sdt=0%2C5&q=A+ABORDAGEM+INTERDISCIPLINAR+DO+TEMA+O+DOM%3%8DNIO+MORFOCLIM%3%81TICO+DOS+%22MARES+DE+MORROS%22+EM+PERNAMBUCO&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=A+ABORDAGEM+INTERDISCIPLINAR+DO+TEMA+O+DOM%3%8DNIO+MORFOCLIM%3%81TICO+DOS+%22MARES+DE+MORROS%22+EM+PERNAMBUCO&btnG=). Acessado em: 25 jan. 2022.

JESUS, Janisson Batista de; ROSA, Cristiano Niederauer da; BARRETO, Íkaro Daniel de Carvalho; FERNANDES, Milton Marques. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 176, 6 abr. 2020. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509837696>

KEY, C., Benson, N., 2006. **Landscape assessment: remote sensing measure of severity: the normalized burn Ratio**. In: FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, RMRS-GTR-164-CD:LA1-LA51, Fort Collins, CO: U.S.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. Megadiversidade, Brasília, v. 1, n. 1, 2005.

LOMBARDI, R. J. R. **Estudo de recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat**.

Dissertação de mestrado, co-orientação, INPE/DSR, S.J.Campos, SP, INPE-12663-TDI/1006, 2005.

[http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2005\\_Lombardi\\_Estudo\\_recorrencias\\_MS\\_c\\_INPE2003.pdf](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2005_Lombardi_Estudo_recorrencias_MS_c_INPE2003.pdf)

**MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS: Prevenção e Combate a Incêndios Florestais/Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. – Goiânia: - 2017.260 p.**

MENEZES, N. L. & GIULIETTI, A. M. 2000. Campos Rupestres. p. 65–75. In: Mendonça, M. P. & Luis, L. V. (orgs.) **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas & Fundação Zoo-botânica de Belo Horizonte.

**MMA. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

MOTA, Leonardo Formaggi Pereira. **Flora da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil): Orchidaceae – tribo Sobralieae e subtribos Malaxidinae, Catasetinae, Zygopetalinae, Bletinae, Ponerinae e Pleurothallidinae (subfamília Epidendroideae)** - - São Paulo, 2018. 94p.; il.

MORAES, Elisabete Caria de. Curso de Uso de Sensoriamento Rem. In: INPE. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: Inpe, 2002. p. 7-30. Disponível em: [http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf?linktype=relative](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf?linktype=relative). Acesso em: 10 out. 21.

MORITZ, Max A., MORAIS, Marco E., SUMMERELL, Lora A., CARLSON, J. M., Doyle, JOHN. **Wildfires, complexity, and highly optimized tolerance**. PNSA, California, v. 102, n.50, p. (17912-17917), dez. 2005. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?q=Wildfires,+complexity,+and+highly+optimized+tolerance%5D&hl=pt-BR&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com.br/scholar?q=Wildfires,+complexity,+and+highly+optimized+tolerance%5D&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart). Acesso em: 05 jan. 2022.

MADEIRA, João Augusto. **Plano de Manejo: Parque Nacional da Serra do Cipó e Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Acesso em: 12 set. 2021.

MAPBIOMAS FOGO. **Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**. [2021?]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/metodo-mapbiomas-fogo>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MAPBIOMAS. **O Projeto**. [2021?]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PINTO, Edna Moura. JUNIOR, Carlito Calil. Estudo teórico e experimental sobre a degradação térmica e os gradientes térmicos da madeira de *eucalyptus* de uso estrutural exposta ao fogo. **Revista Minerva**, 3, 2, p. (131-140), 2006. Disponível em: <http://fipai.org.br/>. Acessado em: 15 jan. 2022.

PIVELLO, Vânia R.. Os cerrados e o fogo. **Com Ciência**, Campinas, n. 105, 2009 . Disponível em <[http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542009000100010&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000100010&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em 10 jan 2021.

PEREIRA, Allan Arantes. **Mapeamento Automático de Queimadas no Bioma Cerrado Utilizando Sensores Orbitais**. 2017. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/15258>. Acesso em: 06 nov. 2021

PEREIRA, Benedito Alísio da Silva; VENTUROLI, Fábio; CARVALHO, Fabrício Alvim. FLORESTAS ESTACIONAIS NO CERRADO: uma visão geral. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 446-455, 6 jul. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i3.12666>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/dFfjSsSvWWFdMt8Q83DGQXv/?lang=pt>. Acesso em: 02 set. 2021.

RIBEIRO, Kátia Torres *et al.* **Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado**. 2009. Disponível em: [http://inot.org.br/wp-content/uploads/03Ribeiro\\_e\\_outros\\_N\\_e\\_C\\_7\\_1\\_port1.pdf](http://inot.org.br/wp-content/uploads/03Ribeiro_e_outros_N_e_C_7_1_port1.pdf). Acesso em: 18 jun. 2021

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.. As principais fitofisionomias do Bioma **Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa Cerrados. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RODRIGUES, Marcos; CARRARA, Lucas A.; FARIA, Luciene P.; GOMES, Henrique B.. Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o vale do rio cipó, minas gerais, brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 326-338, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81752005000200005>.

RYAN, Kevin C.; Jones & KOERNER, Cassandra L. **Wildland fire in ecosystems: effects of fire on cultural resources and archaeology**. 2012, RMRS-GTR-42-vol. 3. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 15-84. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/40427>. Acesso em: 10 dez. 2021.

RYAN, K. C. 2000. Global Change and Wildland Fire. 2: 175-184. In: Brown, J. K. & Smith, J. K. (eds.) **Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora**. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257p.

SANTOS, Thiago Oliveira dos *et al.* Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, Santos, v. 11, n. 2, p. 157-181, out. 2017. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/4430>. Acesso em: 02 nov. 2021.

THOMAS, B. L., P. A., & FOLETO, E. M. (2014). A relevância da criação de uma Unidade de Conservação no morro gaúcho, municípios de Arroio do Meio e Capitão/RS. **Revista Do Departamento De Geografia**, 27, 112-130. <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.509>.