



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DAÍSE ARAUJO SOARES DE SOUSA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DE ÁREAS QUEIMADAS NO
PARQUE ESTADUAL DO LAJEADO EM PALMAS (TO)**

Palmas/TO
2021

DAÍSE ARAUJO SOARES DE SOUSA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DE ÁREAS QUEIMADAS NO
PARQUE ESTADUAL DO LAJEADO EM PALMAS (TO)**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Msc. Eduardo Quirino Pereira

Palmas/TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S725a Sousa, Daíse Araujo Soares de .
Análise multitemporal de áreas queimadas no Parque Estadual do Lajeado em Palmas (TO) . / Daíse Araujo Soares de Sousa. – Palmas, TO, 2021.
48 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2021.
Orientador: Eduardo Quirino Pereira
1. Mapeamento de queimadas. 2. Sensoriamento remoto. 3. Unidade de conservação. 4. Manejo do fogo. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

DAÍSE ARAUJO SOARES DE SOUSA

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE ÁREAS QUEIMADAS NO PARQUE ESTADUAL DO LAJEADO EM PALMAS (TO)

Monografia apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 05 / 08 / 2021

Banca Examinadora



Prof. Msc. Eduardo Quirino Pereira, UFT



Prof. Dr. Erich Collicchio, UFT

Prof. Dr. Thiago Costa Gonçalves Portelinha, UFT

Palmas - TO, 2021

RESUMO

O bioma Cerrado, há milhares de anos apresenta eventos de queimadas de forma periódica, o que tornou sua fauna e flora resistentes a estes fatores. Em períodos de seca é comum o aumento das ocorrências de queimadas, visto que é uma época de escassez hídrica. Através do sensoriamento remoto é possível mapear e analisar as modificações na superfície terrestre ocasionadas por estes eventos. Nesse cenário, este trabalho teve como objetivo a realização de uma análise multitemporal das áreas queimadas no Parque Estadual do Lajeado (PEL) em Palmas - TO, entre os anos de 2015 e 2020. Desta forma, foi realizado um mapeamento das áreas queimadas em imagens dos satélites Landsat-8 e Resourcesat-2, através da técnica de Fotointerpretação Visual das Imagens. Com as áreas já identificadas, foram gerados os mapas das áreas queimadas de cada ano, onde foi possível identificar o tamanho das áreas e analisar visualmente a distribuição espacial. Com os polígonos das áreas queimadas, foi possível construir um mapa de reincidências de queimadas, para análise da recorrência destes eventos em uma mesma área no período analisado. Os resultados desse trabalho mostraram que os anos de 2017, 2018 e 2019 apresentaram os menores índices de área queimada, e destacou-se o ano de 2015 com as maiores taxas de área queimada, sendo que foi possível observar ao longo do estudo que as causas do fogo na área de estudo possivelmente são de origem das ações de Manejo Integrado do fogo, queima em terrenos com atividade de pastagem e agricultura no entorno do Parque, e a queima intencional ou acidental nas margens da rodovia. Sobre os resultados de reincidência de queimadas ao longo do período analisado, observou-se que ocorreu o máximo de 5 reincidências em apenas uma área, e as reincidências de 3 e 4 ocorreram em maior parte em áreas que possuem atividade de pastagem e nas margens da rodovia, sendo um indicativo da influência antrópica sobre o Parque.

Palavras-chaves: Fogo. Sensoriamento Remoto. Unidades de Conservação.

ABSTRACT

The Cerrado biome, for thousands of years, has had periodic fire events, which made its fauna and flora resistant to these factors. In periods of drought it is common to increase the occurrence of fires, as it is a time of water scarcity. Through remote sensing it is possible to map and analyze changes in the earth's surface caused by these events. In this scenario, this work aimed to carry out a multitemporal analysis of the burned areas in the Lajeado State Park (PEL) in Palmas - TO, between 2015 and 2020. Thus, a mapping of the burned areas in images was performed of the Landsat-8 and Resourcesat-2 satellites, through the Visual Photointerpretation of Images technique. With the areas already identified, maps of the burned areas of each year were generated, where it was possible to identify the size of the areas and visually analyze the spatial distribution. With the polygons of the burnt areas, it was possible to build a map of fire recurrences, to analyze the recurrence of these events in the same area in the analyzed period. The results of this work showed that the years 2017, 2018 and 2019 had the lowest rates of burned area, and 2015 stood out with the highest rates of burned area, and it was possible to observe throughout the study that the causes of the fires in the study area are possibly the origin of Integrated Fire Management actions, burning on land with pasture and agriculture activities around the Park, and intentional or accidental burning on the sides of the highway. Regarding the results of recurrence of fires over the period analyzed, it was observed that there was a maximum of 5 recurrences in just one area, and recurrences of 3 and 4 occurred mostly in areas that have pasture activity and on the margins of the highway, being an indication of the anthropic influence on the Park.

Key-words: Fire. Remote Sensing. Conservation Units.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Série histórica do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência, no período de 1998 até 06/04/2021 no Brasil..... | 13 |
| Figura 2: Aceiro negro nas margens da rodovia, destacado em verde. | 15 |
| Figura 3: Aceiro da borda da serra destacado em verde. | 16 |
| Figura 4: Áreas determinadas para manejo na UC..... | 17 |
| Figura 5: Série temporal do sistema Landsat. | 18 |
| Figura 6: Mapa de localização do Parque Estadual do Lajeado..... | 21 |
| Figura 7: Representação cicatriz de queimada e frente de fogo..... | 26 |
| Figura 8: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2015. | 29 |
| Figura 9: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2016. | 31 |
| Figura 10: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2017. | 33 |
| Figura 11: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2018. | 35 |
| Figura 12: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2019. | 37 |
| Figura 13: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2020. | 39 |
| Figura 14: Distribuição espacial das áreas queimadas ocorridas de 2015 a 2020..... | 41 |
| Figura 15: Reincidência das áreas queimadas na área de estudo de 2015 a 2020..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Resumo do histórico dos focos de queimadas no Tocantins. | 14 |
| Tabela 2: Datas das imagens e respectivos satélites e sensores utilizados no mapeamento das áreas. | 23 |
| Tabela 3: Resumo dos resultados obtidos. | 42 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 Justificativa | 10 |
| OBJETIVOS | 11 |
| 2.1 Objetivo Geral | 11 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 11 |
| FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 3.1 Queimadas e Incêndios Florestais | 12 |
| 3.2 Cenário das queimadas no Brasil e no Tocantins | 13 |
| 3.3 Manejo do Fogo | 15 |
| 3.4 Detecção de queimadas por Sensoriamento Remoto | 17 |
| 3.4.1 Satélites Landsat e ResourceSat-2 | 18 |
| 3.4.2 Monitoramento de focos | 19 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 Caracterização e Localização da Área de Estudo | 21 |
| 4.2 Coleta de dados | 22 |
| 4.2.1 Coleta dos Focos de Queimadas | 22 |
| 4.2.2 Aquisição das imagens de Satélite | 22 |
| 4.3 Processamento Digital de Imagens (PDI) | 24 |
| 4.4 Extração das Áreas Queimadas | 25 |
| 4.5 Análise de queimadas reincidentes | 26 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 5.1 Análise Espacial das Áreas Queimadas | 27 |
| 5.1.1 Análise de 2015 | 27 |
| 5.1.2 Análise de 2016 | 30 |
| 5.1.3 Análise de 2017 | 32 |
| 5.1.4 Análise de 2018 | 34 |
| 5.1.5 Análise de 2019 | 36 |
| 5.1.6 Análise de 2020 | 38 |
| 5.1.7 Comparativo dos anos analisados | 40 |
| 5.2 Reincidência de Queimadas | 43 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 44 |
| REFERÊNCIAS | 45 |

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa 23,3% do território nacional, sendo considerado o segundo maior bioma do Brasil, sendo que a sua extensão é menor apenas que a Amazônia (IBGE, 2019). No que se refere à vegetação, o bioma apresenta como fitofisionomias dominantes: mata ciliar, mata de galeria, mata seca, cerradão, cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral, vereda, campos rupestres, campos sujos e campos limpos (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado possui uma diversidade da vegetação com órgãos presentes nas raízes das plantas, tornando-as capazes de preservá-las do estresse hídrico como um processo natural e da ação do fogo, sendo essas estruturas denominadas de xilopódios. Essas formações acumulam água e nutrientes, o que permite a sobrevivência da planta em períodos de estiagem (COUTINHO, 2000).

Em se tratando das características climáticas, a região geográfica do Cerrado apresenta duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. A primeira ocorre no período entre os meses de outubro a março, e a segunda de abril a setembro, com precipitações médias anuais por período de 1.212 mm e 185 mm, respectivamente (SILVA et al., 2008). Na estação seca a combinação dos fatores de redução de chuvas, baixa umidade do ar, ventos fortes e calor, propiciam condições para o aumento significativo de incêndios, que podem ter origem em causas naturais ou antropogênicas. Dentre as causas naturais estão a incidência de raios no início da estação chuvosa, o atrito entre rochas e combustão espontânea (COUTINHO, 1990), fatores que aliados ao acúmulo de biomassa seca favorecem a propagação do fogo. Já nos incêndios de causas antropogênicas destaca-se o uso do fogo que foge do controle quando empregado para preparação do solo para agricultura e na pecuária como estímulo a rebrota da vegetação, com atividades relacionadas ao desmatamento (PIVELLO; COUTINHO, 1992), e ainda, a ocorrência do fogo de origem intencional e criminoso (JAISWAL et al., 2002)

Os Incêndios florestais estão entre as principais causas de perda de biodiversidade. Segundo Nunes (2005), o fogo exerce uma função importante na manutenção de ecossistemas, porém, a persistência de incêndios numa mesma área em anos seguidos, pode causar transtornos irreversíveis, tal como a perda de materiais genéticos das teias biológicas.

Uma das principais ferramentas empregadas na identificação e mapeamento de incêndios é o sensoriamento remoto. Os trabalhos de mapeamento de queimadas podem ser realizados através do reconhecimento da variabilidade de energia identificada no momento da queima, como é o caso dos focos de calor registrados pelos sensores remotos, ou na detecção de cicatrizes de queimadas a partir da análise da resposta espectral dos alvos terrestres nas

imagens multiespectrais (GIGLIO et al., 2006; Almeida Filho; Shimabukuro, 2004 *apud* BRAGA, 2015).

Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise multitemporal das áreas queimadas no Parque Estadual do Lajeado (PEL) em Palmas - TO, entre os anos de 2015 e 2020, através da utilização de imagens de satélite.

1.1 Justificativa

As queimadas causam diversos problemas, dentre eles o empobrecimento do solo, erosão, destruição de vegetação e até alterações na composição química da atmosfera (CRUTZEN; ANDREAE, 1990). No Brasil elas são antigas e recorrentes, principalmente no Cerrado, onde o Tocantins possui a maior parte do seu território incluído neste bioma, e está entre os estados brasileiros com os maiores índices de focos de calor, concentrados no período de estiagem (SILVA, 2007).

Quando as queimadas ocorrem em áreas protegidas o prejuízo é ainda maior, pois esses espaços foram criados para preservação de patrimônios naturais, como fauna, flora e processos que ocorrem no ecossistema, além de aspectos históricos e culturais (ARRUDA, 1999). Destarte, para este estudo escolheu-se o Parque Estadual do Lajeado (PEL) como área de abrangência das análises, visto que, apresenta como principal objetivo a proteção de amostras dos ecossistemas da Serra do Lajeado, garantindo a preservação biológica e demais recursos naturais, além da proteção dos mananciais que abastecem a cidade de Palmas e restrição da expansão urbana nas encostas (NATURATINS, 2021).

Oliveira; Marques; Cristo (2020) destacam que as queimadas estão entre as principais ameaças causadas ao PEL. Alguns chacareiros fazem a limpeza de áreas localizadas no entorno do PEL com a utilização do fogo, o que no período de estiagem resulta em incêndios florestais que afetam diretamente o referido Parque (LEITE, 2017).

Diante da importância do PEL para a preservação do ecossistema local, proteção dos mananciais que abastecem a cidade e das ameaças sofridas pelo fogo, este tipo de estudo se torna necessário, pois poderá promover, por meio do uso de geotecnologias, a identificação das áreas mais afetadas pelas queimadas dentro de determinados períodos, possibilitando a detecção de prováveis fatores influentes e contribuindo para a eficiência das ações de prevenção, controle e combate de incêndios florestais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise multitemporal das áreas queimadas no Parque Estadual do Lajeado em Palmas – TO, entre os anos de 2015 e 2020, utilizando geotecnologias.

2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar e identificar as áreas queimadas;
2. Analisar temporalmente as áreas queimadas quanto ao seu tamanho e distribuição;
3. Identificar a reincidência de áreas queimadas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Queimadas e Incêndios Florestais

A queimada é a utilização do fogo na vegetação de forma controlada, de modo que seja proporcionado condições ambientais que mantenham esse fogo retido em uma área, e que possibilite o manejo desejado, (SILVA, 1998). Já a forma descontrolada do fogo se caracteriza como incêndio. (FONSECA; RIBEIRO, 2003), definem incêndio florestal como a incidência do fogo de forma natural ou antrópica em qualquer tipo de vegetação, podendo ser acidental e inesperada pelo responsável pela área.

O processo de desenvolvimento e propagação do fogo decorre de diversos elementos relacionados à combustão. Estes elementos sofrem variações dependentes de condições climáticas, topografia e dos aspectos físicos do combustível, o que influencia de diferentes formas a ação do fogo (SOARES, 1985). Analisando a reação da combustão completa da madeira e generalizando que todo combustível florestal é composto por este material, é notório que este processo necessita de três elementos fundamentais: combustível, oxigênio e calor.

Para que ocorra um incêndio florestal é preciso haver a presença de um combustível para queimar, oxigênio para preservar as chamas e calor para começar e dar continuidade à queima. A relação que ocorre entre esses elementos é conhecida como “Triângulo do Fogo”, devendo haver obrigatoriamente a presença de dois agentes químicos (MOTTA, 2008):

- Combustível: é tudo que pode entrar em combustão, como exemplo, a madeira.
- Comburente: é qualquer elemento que possui capacidade de fazer o combustível entrar em combustão, quando associados quimicamente, como o oxigênio.
- Temperatura de Ignição: é a temperatura acima da qual um combustível pode queimar.

O processo de desenvolvimento da queimada se dá através das fases de ignição, brasas, chamas e extinção. A intensidade e gravidade podem variar de acordo com as condições climáticas, origem da ignição e dos aspectos físicos do combustível (FERGUSON et al., 2000).

Devido ao seu baixo custo, o fogo é bastante utilizado por pequenos produtores rurais para limpeza de áreas de cultivo, renovação de pastagem ou para facilitar a colheita de cana-de-açúcar (GASPAR, 2012). O fogo é muito eficiente na eliminação do acúmulo de biomassa seca e plantas invasoras e auxilia na brotação das gramíneas e na germinação de sementes das mesmas. Em contrapartida, a ocorrência excessiva de queimadas causa o empobrecimento de

pastagens nativas, o surgimento de cicatrizes em solo nu e a intensificação de processos erosivos (FILGEIRAS; WECHSLER, 1992).

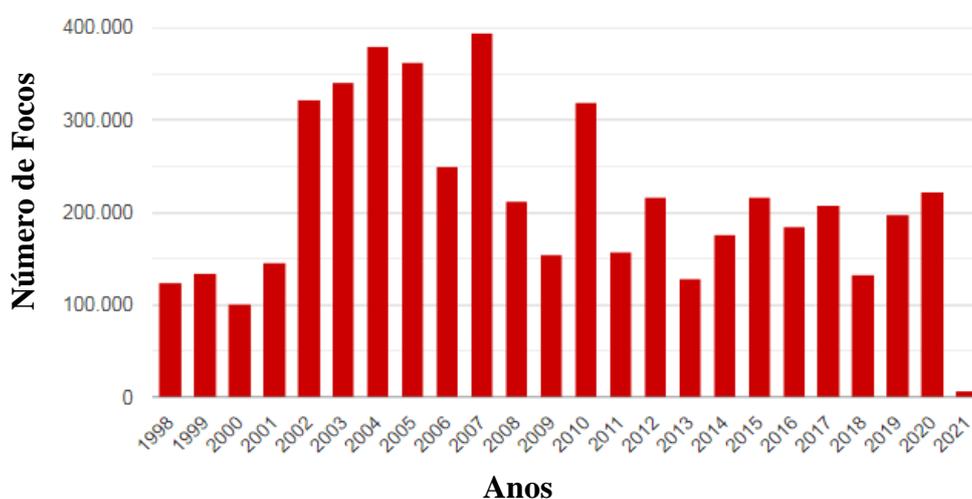
A realização de queimadas controladas é um mecanismo de manejo do solo que pode ser utilizado para o controle e prevenção de incêndios em diversos tipos de vegetação. A prática ocorre com a utilização do fogo de forma limitada e com o clima favorável, a fim de que se queime somente as áreas pré-estabelecidas. O propósito é a redução do material combustível, impedindo assim a ocorrência de incêndios maiores e em períodos críticos (SOARES; BATISTA, 2007).

3.2 Cenário das queimadas no Brasil e no Tocantins

No Brasil, as queimadas são instrumentos empregados na manipulação de pastagens e áreas destinadas à agricultura (KOHLHEPP, 2018). O país apresenta ocorrências de focos de queimadas em todas as regiões (LIMA et al., 2018), com destaque maior para a região norte, que apresenta cerca de 70% dos focos classificados como Classe V, assim classificados quando apresenta uma área afetada superior a 200 hectares (SOARES et al., 2002).

A Figura 1 mostra a série histórica dos quantitativos das queimadas mapeadas nos últimos 22 anos no Brasil, em que se observa um certo crescimento do número de focos a partir do ano de 2002, possivelmente ocasionado pelo processo de expansão agrícola no país, sendo uma das consequências o aumento do número de queimadas (RESENDE, 2017).

Figura 1: Série histórica do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência, no período de 1998 até 06/04/2021 no Brasil.



Fonte: INPE (2021).

No bioma Cerrado, o fogo é visto como elemento necessário no que diz respeito às características da vegetação (PIVELLO, 2009), as quais apresentam adaptabilidade a este fenômeno (WALTER; RIBEIRO, 2010). Incluído neste bioma, o Tocantins apresenta relevante destaque com relação a ocorrência de queimadas, que devido à incêndios florestais concentrados na época de estiagem que elevam o número de focos tornando-o um dos estados com altas taxas de focos (SILVA, 2007). A Tabela 1 mostra um histórico dos quantitativos dos focos de queimadas mapeadas nos últimos 22 anos no Tocantins, sendo possível observar que em média, os maiores números de focos ocorreram nos meses junho a outubro, que correspondem aos meses mais secos do ano.

Tabela 1: Resumo do histórico dos focos de queimadas no Tocantins.

| Ano | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Total |
|---------|---------|-----------|-------|-------|-----|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|-------|
| 1998 | - | - | - | - | - | 252 | 640 | 3748 | 5154 | 1736 | 1 | 9 | 11540 |
| 1999 | 36 | 1 | 1 | 9 | 25 | 114 | 373 | 1284 | 3421 | 1378 | 29 | 16 | 6687 |
| 2000 | 15 | 6 | 4 | - | 69 | 280 | 503 | 1952 | 2552 | 1057 | 96 | 20 | 6554 |
| 2001 | 19 | 6 | - | 19 | 49 | 303 | 834 | 2239 | 4845 | 682 | 100 | 21 | 9117 |
| 2002 | 36 | 48 | 33 | 39 | 139 | 397 | 1126 | 3313 | 6981 | 2137 | 226 | 72 | 14547 |
| 2003 | 51 | 12 | 21 | 81 | 293 | 869 | 1502 | 1553 | 5640 | 1772 | 197 | 133 | 12124 |
| 2004 | 41 | 9 | 32 | 122 | 558 | 1186 | 1541 | 2036 | 6748 | 2154 | 569 | 151 | 15147 |
| 2005 | 75 | 34 | 22 | 107 | 295 | 766 | 1558 | 2781 | 6319 | 3779 | 384 | 94 | 16214 |
| 2006 | 146 | 19 | 19 | 21 | 204 | 870 | 1031 | 2066 | 3831 | 1660 | 339 | 93 | 10299 |
| 2007 | 62 | 11 | 148 | 136 | 730 | 1450 | 1955 | 5963 | 10066 | 4366 | 411 | 91 | 25389 |
| 2008 | 45 | 14 | 4 | 63 | 250 | 769 | 1008 | 1679 | 2937 | 3547 | 371 | 66 | 10753 |
| 2009 | 67 | 32 | 36 | 16 | 103 | 441 | 1000 | 1141 | 2279 | 902 | 353 | 58 | 6428 |
| 2010 | 101 | 51 | 125 | 431 | 632 | 1783 | 2970 | 8299 | 11611 | 2635 | 365 | 97 | 29100 |
| 2011 | 25 | 13 | 36 | 120 | 379 | 788 | 1006 | 1582 | 4609 | 1741 | 203 | 135 | 10637 |
| 2012 | 14 | 51 | 83 | 243 | 487 | 940 | 1655 | 4269 | 7015 | 3874 | 243 | 170 | 19044 |
| 2013 | 59 | 37 | 63 | 162 | 411 | 895 | 1398 | 1805 | 2512 | 2194 | 320 | 79 | 9935 |
| 2014 | 90 | 55 | 41 | 172 | 585 | 1343 | 1364 | 2790 | 3339 | 3673 | 423 | 200 | 14075 |
| 2015 | 196 | 48 | 66 | 65 | 487 | 1118 | 1198 | 2451 | 4470 | 4518 | 770 | 318 | 15705 |
| 2016 | 30 | 318 | 132 | 340 | 725 | 1100 | 2607 | 3213 | 3073 | 2255 | 586 | 115 | 14494 |
| 2017 | 57 | 24 | 79 | 161 | 626 | 906 | 1823 | 2540 | 6625 | 2255 | 496 | 81 | 15673 |
| 2018 | 97 | 16 | 64 | 127 | 599 | 914 | 1321 | 1361 | 1796 | 1371 | 201 | 166 | 8033 |
| 2019 | 84 | 78 | 82 | 209 | 690 | 1406 | 1598 | 2916 | 4505 | 1462 | 376 | 219 | 13625 |
| 2020 | 75 | 77 | 111 | 221 | 446 | 1188 | 1361 | 1714 | 3977 | 2192 | 520 | 211 | 12093 |
| 2021 | 76 | 27 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 103 |
| Máximo* | 196 | 318 | 148 | 431 | 730 | 1783 | 2970 | 8299 | 11611 | 4518 | 770 | 318 | 29100 |
| Média* | 65 | 44 | 57 | 136 | 399 | 873 | 1364 | 2726 | 4970 | 2319 | 330 | 114 | 13357 |
| Mínimo* | 14 | 1 | 1 | 9 | 25 | 114 | 373 | 1141 | 1796 | 682 | 1 | 9 | 6428 |

Fonte: INPE (2021).

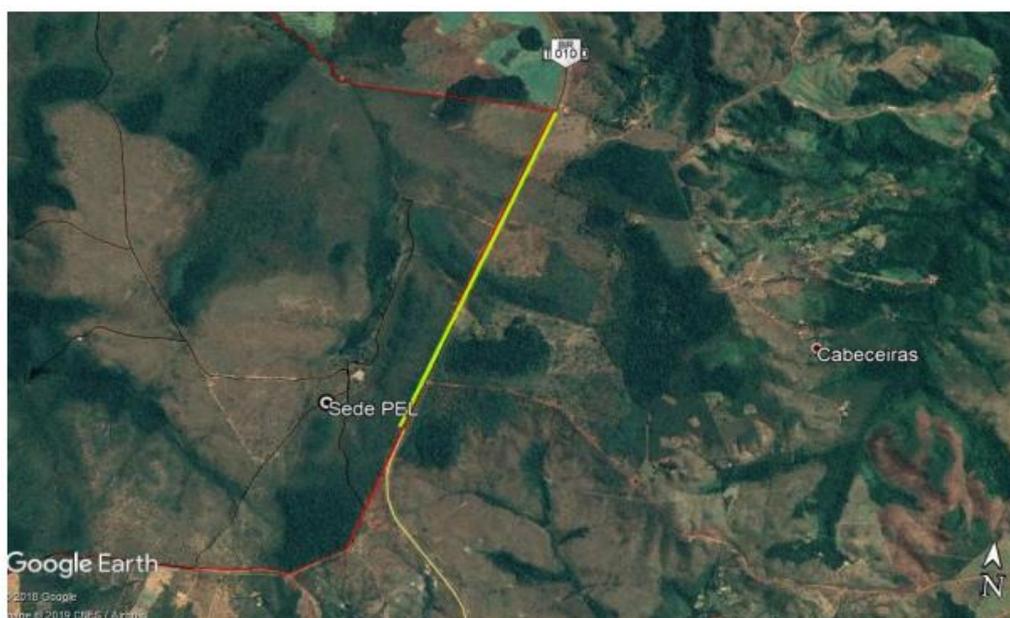
3.3 Manejo do Fogo

O uso de fogo para finalidade de prevenção ou de combate a incêndio florestal é uma prática que consiste na sua utilização de forma intencional para manejo da vegetação, com o objetivo de redução das ocorrências ou gravidade dos incêndios florestais, além do combate das queimadas de forma direta. O manejo do fogo abrange técnicas de aceiro negro, que consiste no uso do fogo em faixa de terreno de largura e comprimento variável, e de fogo de supressão e equivalentes, que consiste na queima para reduzir material combustível em áreas com potencial de propagação do fogo (ZONA DA MATA, 2019).

Em Unidades de Conservação as ações do Manejo Integrado do Fogo – MIF consideram aspectos ecológicos, socioculturais e técnicos, realizando a queima controlada no início do período de seca com o objetivo de garantir a conservação dos ecossistemas (MMA, 2014). No PEL a prática do MIF normalmente é realizada nos meses de maio a junho, visto que, nos meses posteriores o tempo se torna ainda mais seco e quente, o que tornaria esta atividade muito arriscada (NATURATINS, 2019).

Dentre as técnicas do MIF utilizadas no Parque, está a formação de aceiro negro nas margens da rodovia TO-020 (Figura 2), sendo muito importante na prevenção do fogo, devido à grande quantidade de biomassa seca, principalmente o capim o andropogon, que possui alto potencial de combustão, além disso, devido ao fluxo de veículos na rodovia, essa área está bastante sujeita a incêndios criminosos (NATURATINS, 2019).

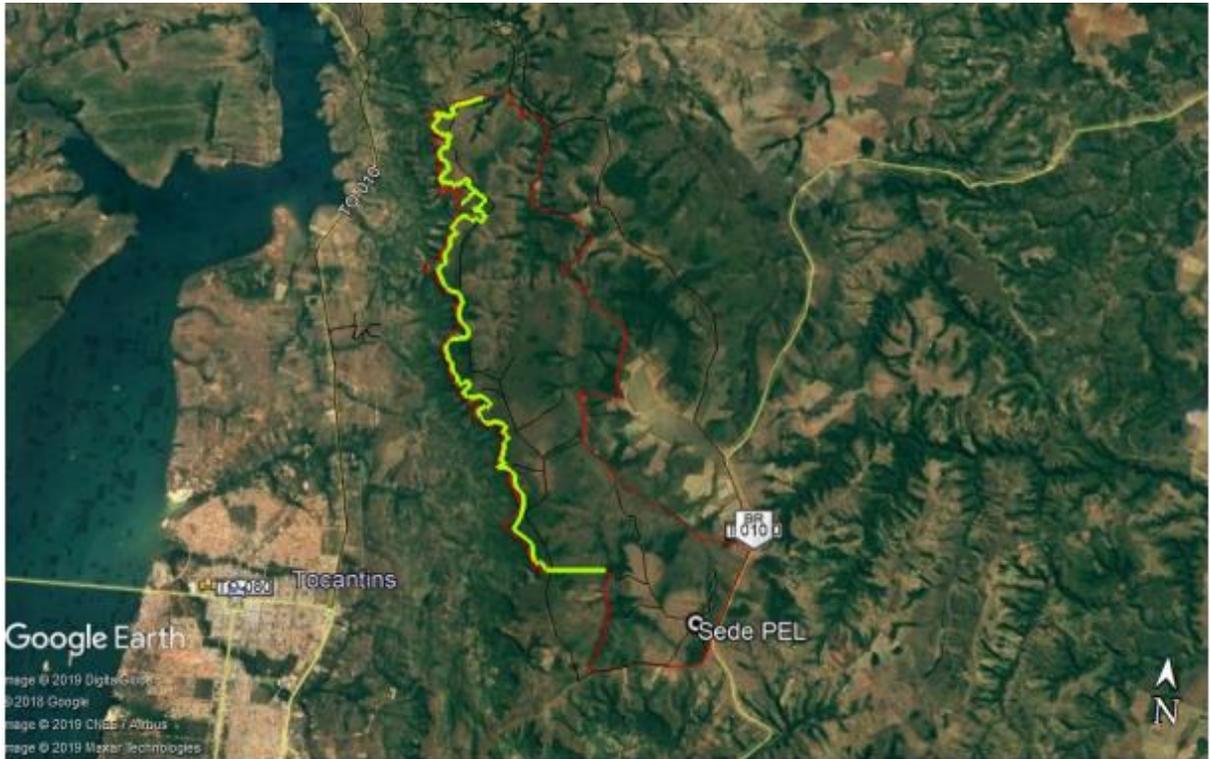
Figura 2: Aceiro negro nas margens da rodovia, destacado em verde.



Fonte: Naturatins (2019).

A técnica de aceiro também é empregada na borda da serra (Figura 3), para evitar que incêndios atinjam o Parque, pois devido a esta área apresentar um alto declive, o combate direto se torna inviável (NATURATINS, 2019).

Figura 3: Aceiro da borda da serra destacado em verde.



Fonte: Naturatins (2019).

Outra técnica empregada no Parque é a queima de áreas com grande potencial de combustão, que em caso de ocorrência de incêndio, causaria graves consequências para a Unidade de Conservação, assim, realiza-se a queima para redução do material combustível e amenizar o efeito do fogo nessas áreas. A Figura 4 apresenta a localização das áreas prioritárias para o manejo na UC, sendo (NATURATINS, 2019):

- Área 01: entrada principal do PEL;
- Área 02: plantio de mudas nativas (região do encontro das águas);
- Área 03: plantio de mudas nativas (região do mirante das mangabeiras)

Figura 4: Áreas determinadas para manejo na UC.



Fonte: Naturatins (2019).

3.4 Detecção de queimadas por Sensoriamento Remoto

A expressão “sensoriamento remoto” é referente ao uso de sensores montados em estruturas aéreas, terrestres e orbitais, com a intenção de se obter dados e informações localizados à distância e de forma que não haja contato físico, isto é, a aquisição dos dados ocorre de maneira remota. Assim, é possível adquirir imagens e diversos outros tipos de dados da superfície terrestre, através da energia emitida ou refletida pela superfície (FLORENZANO, 2013).

O sensoriamento remoto é a principal alternativa de alta qualidade de tecnologias no que diz respeito a estudos de monitoramento e conhecimento dos fenômenos de queimadas. Através do uso de técnicas que buscam a informação espectral de cada pixel contido nas imagens, é possível monitorar as modificações da superfície terrestre (PEREIRA et al., 2007).

Em conjunto com as geotecnologias de informações geográficas, o sensoriamento remoto se tornou ainda mais eficiente na realização de estudos dos dados de distribuição espacial de incêndios florestais. Assim, é possível conhecer, quantificar e localizar as áreas com

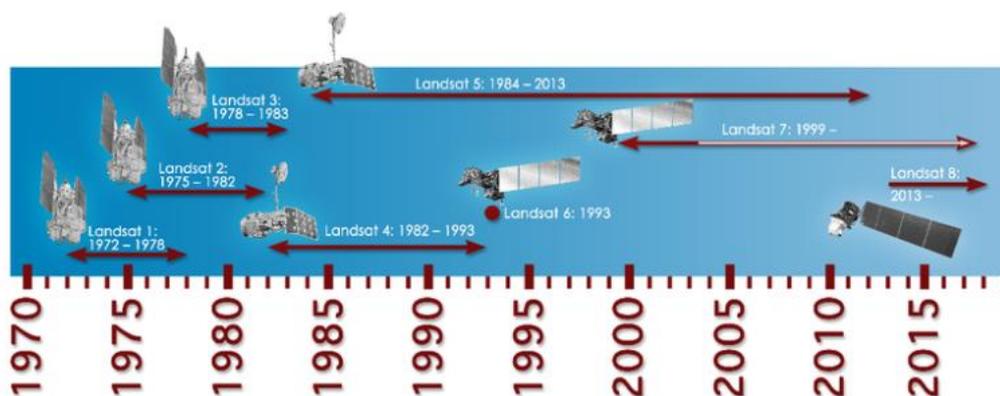
ocorrências de fogo, de modo que se possa conduzir ações de prevenção e combate de incêndios, além de políticas públicas para a preservação da qualidade ambiental (GOMES, 2006).

3.4.1 Satélites Landsat e ResourceSat-2

O programa espacial Landsat foi criado pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e teve início na segunda metade da década de 60, sendo desenvolvido exclusivamente para a observação dos recursos naturais. O programa é o mais antigo dos Estados Unidos, quando se trata de observação da terra, tendo seu primeiro sensor *Multispectral Scanner System* (MSS) lançado em 1972. Atualmente, conta com a maior série histórica de dados remotos de observação da terra, podendo ser aplicados nas áreas de agricultura, mudanças climáticas, desmatamento e mapeamento (USGS, 2021).

Conforme a Figura 5, o satélite mais atual da série é o Landsat 8 que está em órbita desde maio de 2013, operando com dois sensores, o *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) e o *Operational Land Imager* (OLI). Ambos dispõem de uma resolução temporal de 16 dias e a abrangência das cenas de 170 km por 183 km. O sensor TIRS é composto somente por duas bandas termais, as quais detectam a energia de duas regiões do infravermelho termal, com 100 metros de resolução espacial. Já o sensor OLI dispõe de nove bandas multiespectrais, com 30 metros de resolução nas bandas de 1 a 7 e 9, e resolução espacial de 15 metros na banda 8 pancromática (USGS, 2021).

Figura 5: Série temporal do sistema Landsat.



Fonte: INPE (2021).

O satélite ResourceSat-2 faz parte do programa indiano de Satélites de Observação da Terra IRS (*Indian Remote Sensing Satellite*), cujo objetivo da missão é fornecer apoio no

desenvolvimento econômico indiano por meio de dados de sensoriamento remoto. Os dados dos satélites Resourcesat-1 e 2 são enviados para outros países, inclusive para o Brasil, no qual são disponibilizados gratuitamente, podendo ser utilizados para estudos de uso e cobertura do solo, cartografia, áreas urbanas e agricultura (INPE, 2021).

O satélite Resourcesat-2 foi lançado em 20/04/2011 e opera com dois sensores, o LISS 3 (*Linear Imaging Self-Scanner*) e o AWIFS (*Advanced Wide Field Sensor*), e possuem respectivamente, resolução temporal é de 24 e 5 dias, resolução espacial de 23,5 m e 56 m e abrangência das cenas de 141 km por 810 km (INPE, 2021).

Os satélites Landsat e Resourcesat apresentam elevada capacidade de identificação de cicatrizes de queimadas, pois ambos possuem uma banda na faixa espectral do infravermelho de ondas curtas, o que os torna pertinentes para este tipo de observação (FRANÇA; FERREIRA, 2005). Além disso, os sensores existentes nesses satélites possuem uma baixa frequência temporal para fins de identificação de focos de queimadas, sendo mais adequados para determinação de áreas queimadas (RESENDE, 2017).

3.4.2 Monitoramento de Focos de Queimadas

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) monitora diariamente os focos de queimadas, através dos satélites polares, NOAA-18 e 19, METOP-B e C, NASA TERRA e AQUA e NPP-Suomi e NOAA-20 e, dos satélites geoestacionários, GOES-16 e MSG-3. No total, são processadas diariamente 200 imagens de forma automática, especificamente para detecção de focos de queima da vegetação (INPE, 2021).

Os dados diários de focos detectados pelo atual satélite de referência (AQUA_M-T), são usados para compor a série temporal ao longo dos anos e assim permitir a análise de tendências nos números de focos para as mesmas regiões. Os dados dos satélites geoestacionários não são considerados como referência devido ao tamanho muito maior de seus píxeis e a instabilidades em sua rotina operacional, no caso GOES (INPE, 2021).

O satélite AQUA foi lançado em maio de 2002 pelo programa *Earth Observing System* (EOS) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) com o intuito de realizar o monitoramento do uso da terra e cobertura vegetal. O referido satélite possui o sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), que tem a capacidade de captar uma grande cobertura espectral espacial, além de manter uma certa continuidade na tomada de medida de regiões espectrais mais finas (ROSENDO; ROSA, 2005).

Em se tratando do elemento de resolução da imagem, para o sensor MODIS (satélites AQUA e TERRA) o píxel nominal tem 1 km², ou seja, uma queimada será identificada com pelo menos 1 km². Já nas imagens dos satélites estacionários, o píxel representa 2 km², assim, uma queimada poderá ser indicada por uma área de no mínimo 4 km². Ou seja, um foco pode indicar não só uma pequena queimada, mas também várias pequenas queimadas ou uma muito grande. Desta forma, o sistema de focos de calor do INPE realiza a detecção da presença de fogo na vegetação, mas sem capacidade de analisar o tamanho da área queimada ou tipo de vegetação afetada (INPE, 2021).

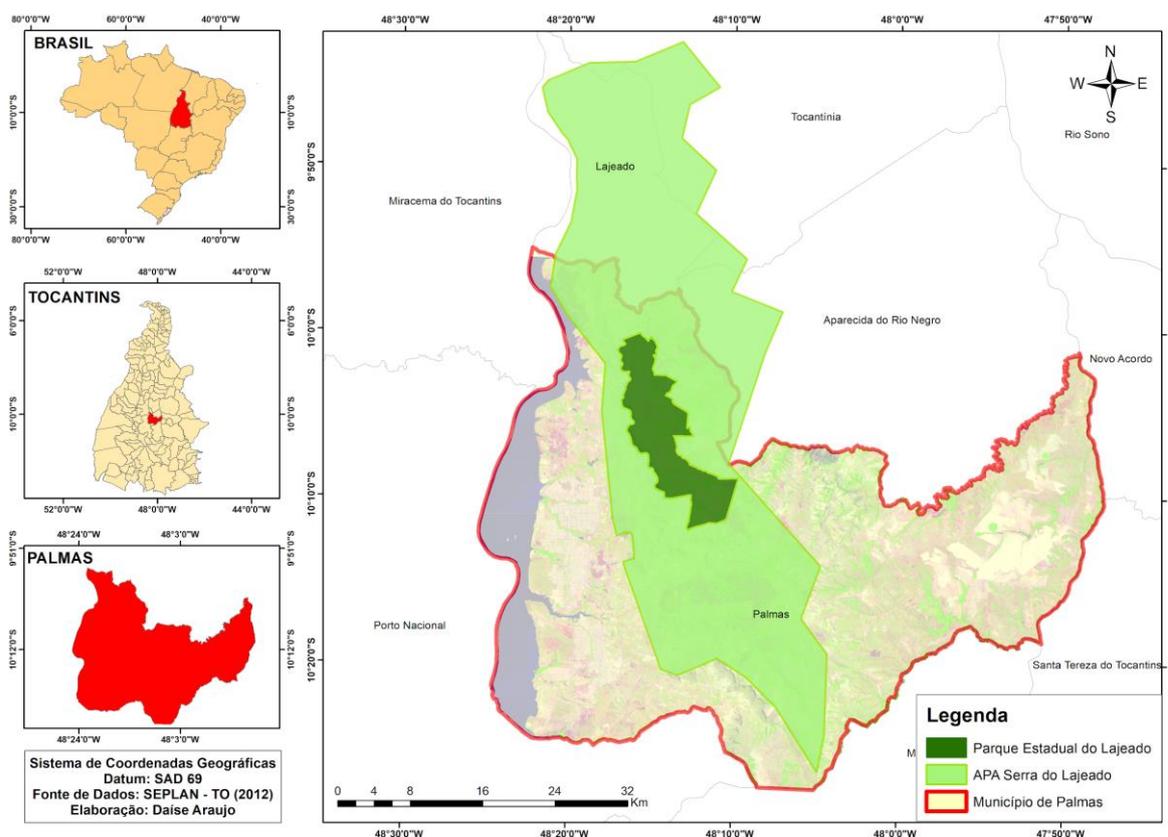
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho compreende o mapeamento e análise das áreas queimadas no Parque Estadual do Lajeado entre os anos de 2015 e 2020, no qual foram empregados os métodos adaptados do Setzer (2012).

4.1 Caracterização e Localização da Área de Estudo

A área de estudo abrange os limites geográficos do Parque Estadual do Lajeado (PEL) e o seu entorno, considerando 500 metros ao redor da Unidade de Conservação. O PEL está localizado nas coordenadas geográficas 10° 00' 13" S e 48° 15' 45" W e fixado na zona rural do município de Palmas - TO. Com extensão de 9.931 hectares de cerrado, o PEL é totalmente circundado pela Área de Proteção Ambiental da Serra do Lajeado - APASL como zona de amortecimento (Figura 6).

Figura 6: Mapa de localização do Parque Estadual do Lajeado.



Fonte: Autor (2021).

O Parque Estadual do Lajeado foi criado pela Lei Estadual 1.244 de maio de 2001, e tem como objetivo a proteção da fauna e flora e recursos naturais, além do aproveitamento do

potencial turístico, possibilitando a realização de atividades de recreação, educação ambiental, fiscalização e pesquisa (SEPLAN, 2005).

A área possui recursos hídricos em abundância, como charcos, lagos, córregos, ribeirões, nascentes, cachoeiras, sendo a hidrografia caracterizada principalmente pelos rios Ribeirão Lajeado e Brejo da Passagem. Em se tratando do Sistema hidrográfico, é pertencente ao sistema do Rio Tocantins, e a sub bacia do Rio Lajeado abrangendo sua maior parte (SEPLAN, 2005).

O PEL está inserido em uma região que apresenta o clima do tipo C2wA'a', característico de duas estações bem definidas sendo uma seca de maio a setembro e uma chuvosa de outubro a abril, evidenciando moderada deficiência hídrica no inverno (COLEN et. al., 2007).

No que se refere à vegetação, um estudo realizado pela DBO-Engenharia/Naturatins (2005), identificou que o Parque Estadual do Lajeado apresenta como cobertura vegetal: Savana (Cerrado), Savana Arbórea Densa ou Savana Florestada (Cerradão), Savana Arbórea Aberta e Savana Parque (Cerrado e Campo de Cerrado), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Aluvial e Área de Tensão Ecológica (DBO-ENGENHARIA/NATURATINS, 2005).

4.2 Coleta de dados

4.2.1 Coleta dos Focos de Queimadas

Os focos de queimadas foram obtidos por meio do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponibilizados no *site* <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. O monitoramento dos focos de queimadas e incêndios florestais ocorre mediante detecção por satélites, no qual possuem capacidade de detectar frente de fogo com no mínimo de 30 m de extensão por 1 m de largura, além de marcar uma coordenada por cada frente detectada, sendo representada por pontos em dados vetoriais (INPE, 2021).

4.2.2 Aquisição das imagens de Satélite

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as imagens disponibilizadas no Catálogo de Imagens do INPE, que foram escolhidas obedecendo os seguintes critérios:

- 1- Foram adquiridas as imagens somente dos meses em que houve ocorrência de registros de focos de queimadas em uma área de até 500 metros para fora do parque;
- 2- Foram escolhidas imagens com as datas posteriores às datas de registro de focos de cada mês;
- 3- Foram escolhidas as imagens com ausência ou menor cobertura de nuvens possível.

A Tabela 2 apresenta o conjunto de imagens utilizadas no mapeamento das áreas queimadas, com as respectivas datas, satélites e sensores utilizados.

Tabela 2: Datas das imagens e respectivos satélites e sensores utilizados no mapeamento das áreas.

| Ano | Data | Satélite | Sensor |
|------|-------|---------------|--------|
| 2015 | 25/05 | Landsat 8 | OLI |
| | 27/06 | ResourceSat-2 | LIS3 |
| | 27/08 | Landsat 8 | OLI |
| | 01/10 | ResourceSat-2 | LIS3 |
| | 14/10 | Landsat 8 | OLI |
| | 13/11 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| 2016 | 30/06 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 28/07 | Landsat 8 | OLI |
| | 29/08 | Landsat 8 | OLI |
| | 30/09 | Landsat 8 | OLI |
| | 16/10 | Landsat 8 | OLI |
| | 26/11 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| 2017 | 28/05 | Landsat 8 | OLI |
| | 29/06 | Landsat 8 | OLI |
| | 01/09 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 17/09 | Landsat 8 | OLI |
| | 19/10 | Landsat 8 | OLI |

| | | | |
|------|-------|---------------|-------|
| 2018 | 27/05 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 30/06 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 29/07 | ResourceSat-2 | LIS3 |
| | 27/08 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 15/09 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 22/10 | Landsat 8 | OLI |
| 2019 | 25/06 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 29/09 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 23/10 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| 2020 | 05/06 | Landsat 8 | OLI |
| | 23/07 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 01/08 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 28/09 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 03/10 | ResourceSat-2 | AWIFS |
| | 25/11 | ResourceSat-2 | AWIFS |

Fonte: Autor (2021).

4.3 Processamento Digital de Imagens (PDI)

O PDI tem o intuito de melhorar visualmente a qualidade das imagens, de modo que facilite a identificação e extração das informações contidas nas imagens. Esta etapa foi realizada através do programa Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), *software* criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e disponibilizado de forma gratuita.

Nesta fase realizou-se o georreferenciamento das imagens ResourceSat-2, por apresentarem deslocamento. Já nas imagens do satélite Landsat não foi necessário a realização deste procedimento, pois já estavam ortorretificadas e georreferenciadas. A partir de então, realizou-se a composição de bandas, no qual, para as imagens do Landsat, foi utilizada a combinação R7G5B4, por permitir uma boa visualização das cicatrizes de queimadas, e para as

imagens do satélite ResourceSat-2, foi utilizada a composição R5G4B3, sendo a que mais se assemelha visualmente as imagens Landsat.

Para melhorar a qualidade visual das imagens, foi realizado o realce linear por meio da manipulação do histograma da imagem. Apesar da possibilidade do resultado produzir imagens com cores que não correspondam aos reais valores espectrais da cena, o realce pode promover uma melhora significativa da qualidade visual das imagens (PEDRINE; SCHAWARTZ, 2008). Por fim, foi realizado o corte da imagem com o limite da área de estudo.

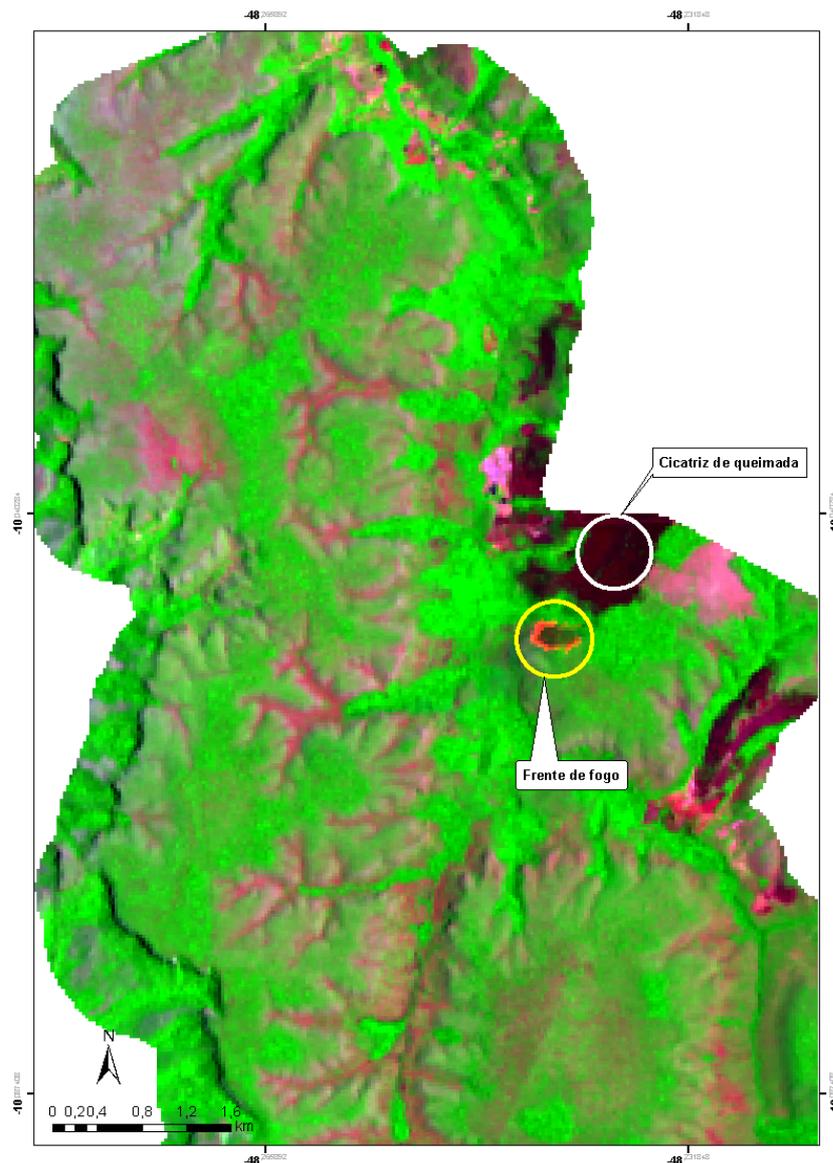
4.4 Extração das Áreas Queimadas

Por se tratar de uma área muito pequena, o método empregado para a extração das áreas queimadas foi a Fotointerpretação Visual de Imagens, com auxílio do *software* ArcGIS. Esta técnica consiste na criação de correlações entre determinados elementos na imagem e elaboração de hipóteses interpretativas, adotando critérios para a identificação dos objetos, como forma, geometria, tamanho e tonalidade (BARIOU, 1978).

Neste trabalho, a fotointerpretação foi realizada obedecendo os padrões de análise de alguns elementos, como cor, tamanho, tonalidade e localização. As imagens foram analisadas na ordem temporal, identificando as cicatrizes anteriores àquelas ocorridas no período entre as cenas. A utilização de várias imagens permitiu eliminar possíveis equívocos com outros alvos visualmente semelhantes às cicatrizes de queimadas, como corpos d'água.

As cicatrizes de queimadas/incêndios ocorridos previamente à data da imagem do satélite são caracterizadas pelas manchas escuras. Além das cicatrizes, foi possível observar em algumas imagens, a chama do fogo do momento de ocorrência da queimada, conforme a Figura 7.

Figura 7: Representação cicatriz de queimada e frente de fogo.



Fonte: Autor, (2021).

4.5 Análise de queimadas reincidentes

Para definição da reincidência de queimadas, que indica a quantidade de queimadas ocorridas no mesmo local durante os anos de 2015 a 2020, foi utilizado o *software* ArcGIS. Desta forma, a sobreposição das áreas queimadas para os seis anos analisados foi obtida de forma manual, a partir da observação dos polígonos criados das áreas queimadas, e assim foi gerado um novo *shapefile* somente com as áreas reincidentes identificadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Espacial das Áreas Queimadas

A seguir são apresentados os resultados referentes ao mapeamento das cicatrizes de queimadas ocorridas nos anos de 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020 para a área de estudo, evidenciando os resultados de cada mês analisado.

5.1.1 Análise de 2015

O mês de maio não possui registros de focos de calor e a imagem foi utilizada somente como um comparativo para as análises das mudanças da resposta espectral.

O primeiro mês mapeado se refere a junho, apresentando um total de 7 focos de calor e 2,842 km² de cicatriz de queimada, sendo que os polígonos localizados na porção sul do PEL, provavelmente ocorreram pela ação de Manejo Integrado do Fogo da Unidade de Conservação (UC), visto que a cicatriz com maior extensão está numa área prioritária para queima, pois se trata de um ponto do Parque que, em caso de ocorrência de algum incêndio, causaria graves consequências à UC. Já as cicatrizes localizadas próximo da rodovia, possivelmente ocorreram devido a formação de aceiro negro, que normalmente é realizado na faixa próximo da rodovia por ser uma área sujeita a incêndios criminosos e apresentar uma alta carga de combustível da vegetação. Essas atividades de controle do fogo na UC normalmente são realizadas entre os meses de maio e junho, devido o tempo se torna mais quente e seco em meses posteriores, o que tornaria essa atividade mais arriscada.

Em se tratando do mês de agosto, foi observado a existência de 5 focos de queimada e foi mapeada somente uma área de 0,023 km², tornando-o o mês com a menor área queimada do ano.

O mês de setembro foi considerado o mês do ano com o maior número de focos e área queimada, totalizando 95 pontos de calor e 6,686 km² de cicatriz, onde a maior parte encontra-se localizada na porção sudoeste da área de estudo. Este local é caracterizado por apresentar um terreno com acentuada diferença de nível, o que, segundo Dias (2009), propicia condições favoráveis para que o fogo se alastre, visto que regiões com declive acentuado contribuem para movimentações de ar, que, por sua vez, favorecem a alimentação do fogo na vegetação. Outro fator agravante, é que por se tratar de uma área de alto declive o combate direto do fogo por brigada se torna inviável.

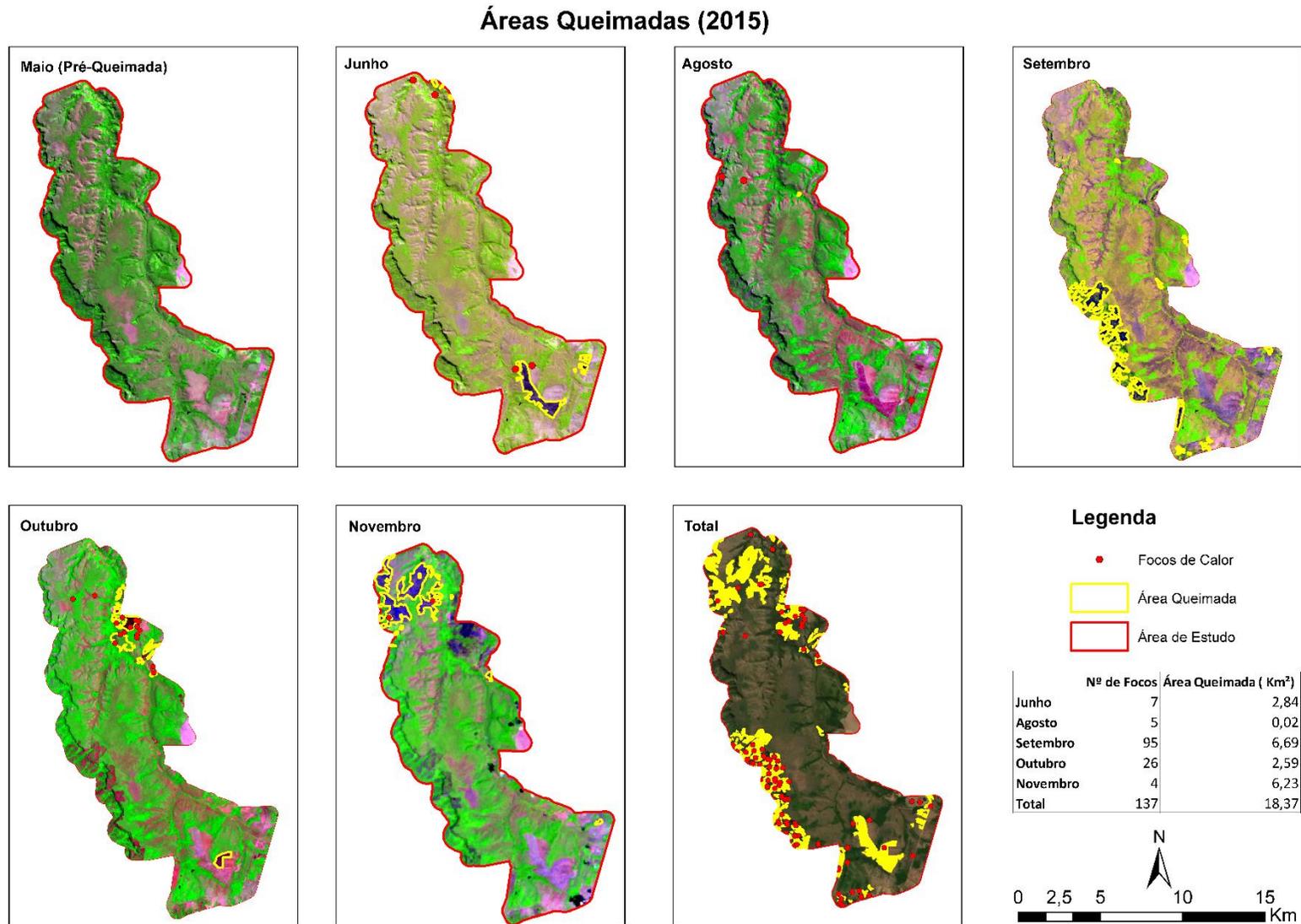
Na análise da imagem do mês de outubro, foi possível observar o momento da ocorrência de uma frente de fogo, por esta razão, para a delimitação do polígono desta área

específica, foi utilizada a imagem do mês seguinte, visto que esta já apresenta a cicatriz do fogo ocorrido. Este mês apresentou um total de 26 focos e 2,588 km² de área queimada, sendo que cerca de 83,3% da área mapeada está situada na região nordeste da área de estudo.

O mês de novembro apresenta-se com 4 focos de calor e 6,229 km² de área queimada. Analisando a imagem do referido mês, observou-se que a maior parte das cicatrizes de queimadas estão concentradas na porção norte do Parque. As áreas delimitadas apresentam-se como polígonos extensos e localizadas em áreas limítrofes do Parque, o que pode ser um indicativo de incêndio, ocasionado por queima que fugiu do controle ou de origem criminosa.

Ao todo foram mapeados 18,367 km² de áreas queimadas em 2015, sendo setembro e novembro os meses que mais se destacaram por apresentarem os maiores percentuais de área queimada, com cerca de 36,40% e 33,91%, respectivamente. Neste ano, as áreas queimadas estiveram mais concentradas nas regiões mais próximas do limite traçado para a área de estudo, assim como a maioria dos focos. A Figura 8 apresenta o mapeamento realizado para o ano de 2015, em que se pode observar as cicatrizes de cada mês analisado.

Figura 8: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2015.



Fonte: Autor (2021).

5.1.2 Análise de 2016

No ano de 2016, de acordo com a Figura 9, é possível observar que o mês de junho se destacou por apresentar o maior somatório de áreas queimadas do ano, com um total de 2,068 km² e 11 focos de calor. A maior parte dessas áreas estão concentradas na porção noroeste da área de estudo, correspondendo a cerca de 85% do total de área mapeada para o mês. Uma pequena parcela está localizada em área prioritária para o Manejo Integrado do Fogo, e corresponde a aproximadamente 15%.

Em relação ao mês de julho, observou-se que cerca de 70% da área queimada ocorreu em um terreno de pastagem (fora da UC), localizado na porção sul da área de estudo. Outra parcela está localizada às margens da rodovia, que pode ter ocorrido pela proximidade com a área citada anteriormente. No total foi mapeado 0,828 km² de cicatriz de queimadas, com registro de 3 pontos de calor.

O mês de agosto apresentou 6 focos de calor e 0,440 km² de área queimada, concentrados na região sul do Parque. Nota-se que a imagem utilizada para este mês apresenta uma certa diferença na resposta espectral em relação ao mês anterior, o que se deve a grande presença de fumaça ocasionada por queimadas em regiões próximas ao PEL.

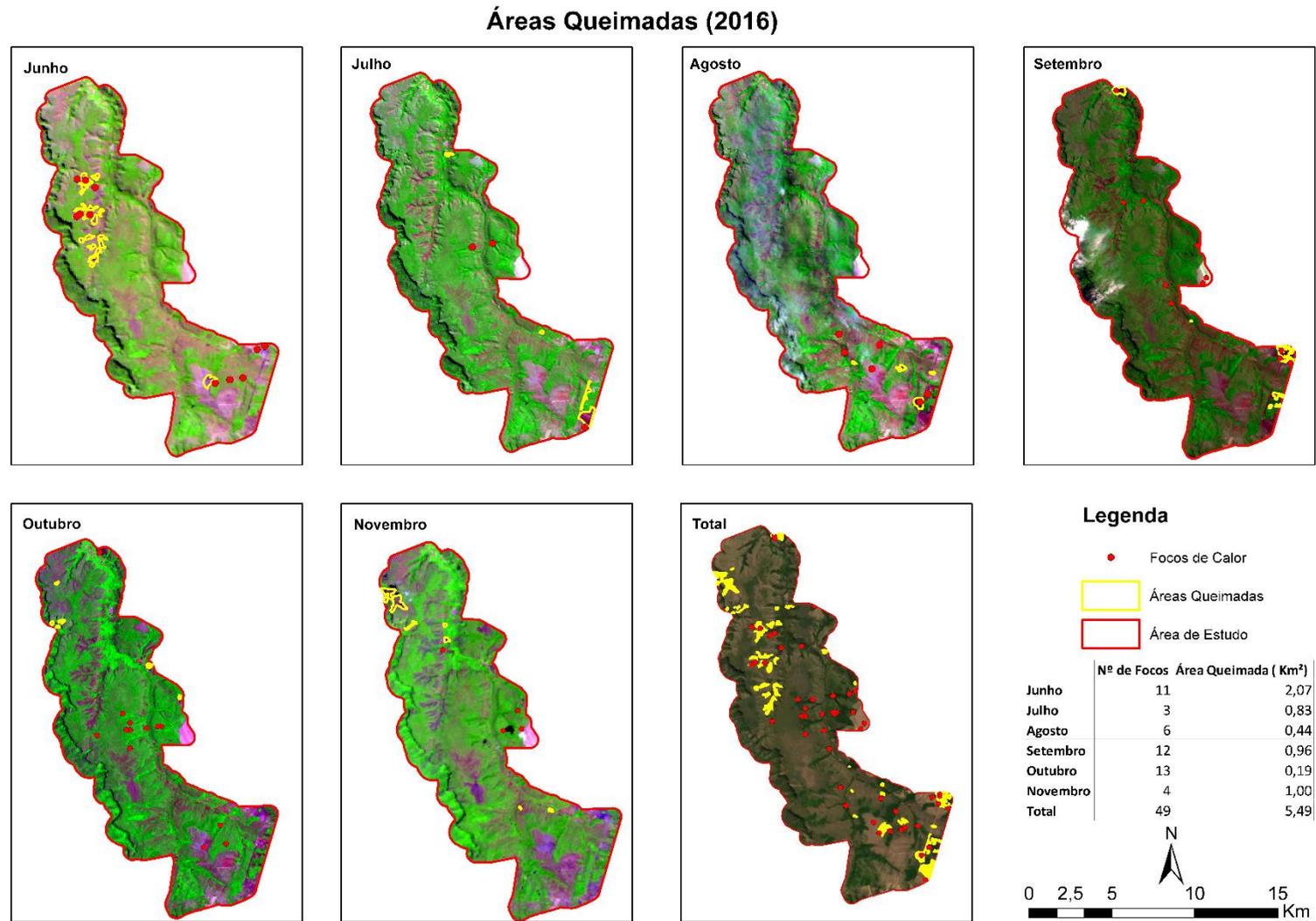
No que se refere ao mês de setembro, este apresentou 12 registros de focos e área de 0,958 km², todos concentrados no lado leste da área estudada. No lado oeste, nota-se a presença de nuvens, com a formação de sombras, o que impediu a observância de possíveis cicatrizes nessa área.

No tocante, outubro apresentou-se como o mês com a menor área queimada, totalizando 0,191 km² e 13 focos de calor. Observou-se que não houve concordância entre eles, visto que, os pontos estão localizados nas áreas centrais do parque e as cicatrizes foram mapeadas em nas áreas próximas ao limite da área de estudo.

O mês de novembro apresentou um total de 4 focos e 1,001 km² de área queimada, com cerca de 95% das cicatrizes concentradas na região norte do Parque.

A partir do total dos resultados do ano de 2016, foram contabilizados 5,486 km² de área queimada e 49 pontos de calor, sendo que 36% deles não estão associados a cicatrizes.

Figura 9: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2016.



Fonte: Autor (2021).

5.1.3 Análise de 2017

A Figura 10 apresenta os resultados referentes ao ano de 2017, sendo que o primeiro mês analisado se refere a maio. Este apresentou somente um foco de calor, e não foi identificada nenhuma cicatriz de queimada. Desta forma, não foi traçado nenhum polígono de área queimada para este mês.

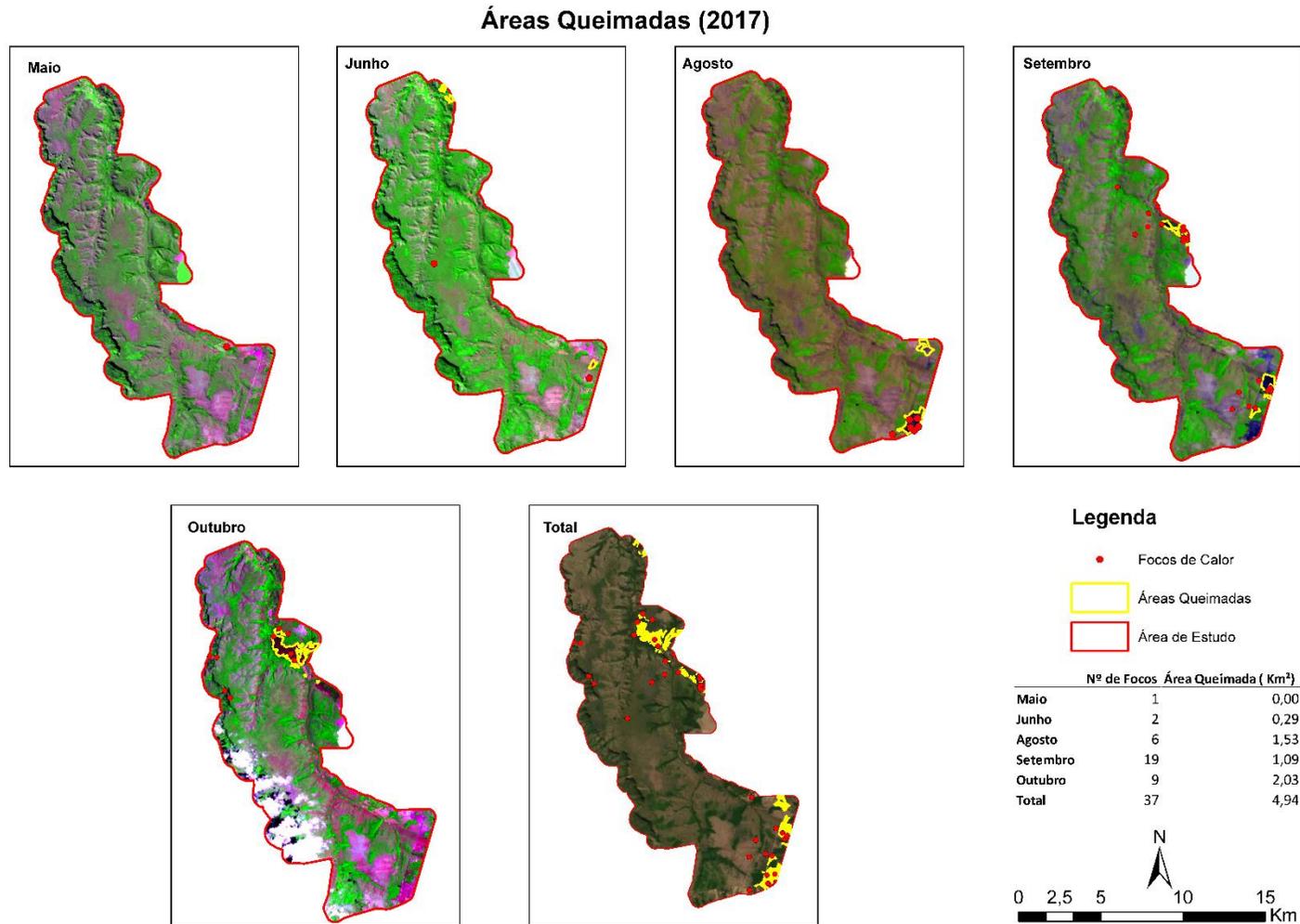
O mês de junho apresentou 2 focos de calor e 0,288 km² de cicatriz, sendo o mês com a menor área queimada traçada, em que uma das cicatrizes mapeadas está localizada as margens da rodovia. Já o mês de agosto, apresentou 1,533 km² de cicatrizes e 6 focos concentrados na região sul da área de estudo, sendo que, cerca de 70% da área queimada está inserida em um terreno antropizado, com atividade de pastagem (fora do Parque).

Os resultados de setembro demonstram que todas as cicatrizes e focos estão concentrados no lado leste do da poligonal de estudo, totalizando 1,089 km² de área queimada e 19 pontos de calor.

Na imagem do mês de outubro, nota-se a presença de nuvens no lado leste, com a formação de sombras, o que impediu a observância de possíveis cicatrizes nessa área. As cicatrizes mapeadas localizam-se na porção nordeste do Parque, e totalizam 2,034 km² e 9 focos.

Ao todo foram mapeados 4,944 km² de áreas queimadas em 2016, sendo que outubro se destacou por apresentar o maior percentual de área queimada, com cerca de 41,14%. Neste ano, as áreas queimadas estiveram mais concentradas no sentido leste da área de estudo.

Figura 10: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2017.



Fonte: Autor (2021).

5.1.4 Análise de 2018

Na Figura 11 estão representados os resultados mensais do ano de 2018. Observa-se que em maio foram registrados 6 focos e uma área de 0,456 km² de queimada. As cicatrizes localizam-se na região nordeste da área de estudo e estão associadas a somente um foco. Os outros focos não possuem cicatrizes próximas.

O mês de junho apresentou um foco e o maior somatório de área queimada do ano, totalizando 0,887 km², localizados na região sul do Parque.

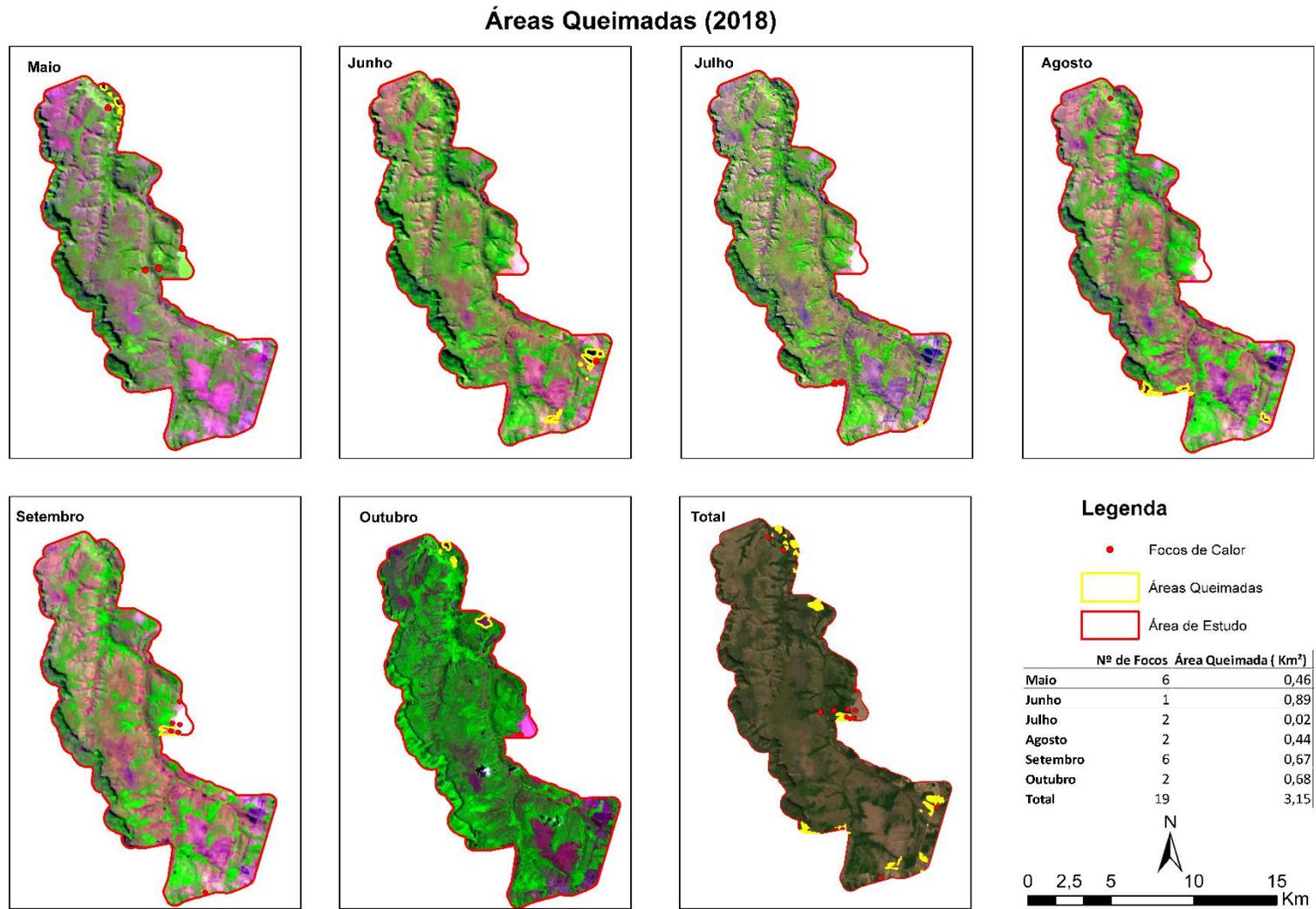
Os resultados obtidos para o mês de julho demonstram que houve 2 registros de focos e mapeada uma cicatriz de 0,019 km², o que o tornou o mês com a menor área queimada do ano. Os focos e a cicatriz mapeada estão localizados na porção sudoeste da poligonal de estudo.

No que se refere ao mês de agosto, nota-se que a área mapeada corresponde a 0,444 km² e 2 registros de focos. Parte das áreas mapeadas estão localizadas na região sudoeste nos limites da área de estudo e uma pequena parcela localizada ao sul em área de pastagem (fora do Parque).

O mês de setembro apresentou 6 focos e 0,667 km² de área queimada, localizados no lado leste do PEL, próximos a uma área de atividade agrícola. Já o mês de outubro apresentou 2 focos e 0,676 km² de área queimada, localizada na região nordeste da área de estudo.

No total foram mapeados 3,149 km² de cicatriz e 19 pontos de calor, sendo que a maioria está localizada nas áreas limítrofes da poligonal de estudo.

Figura 11: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2018.



Fonte: Autor (2021).

5.1.5 Análise de 2019

A Figura 12 apresenta os resultados referentes ao ano de 2019. Este ano apresentou somente 3 meses com registros de focos dentro da poligonal de estudo (junho, setembro e outubro), e por esta razão foram analisados somente os referidos meses.

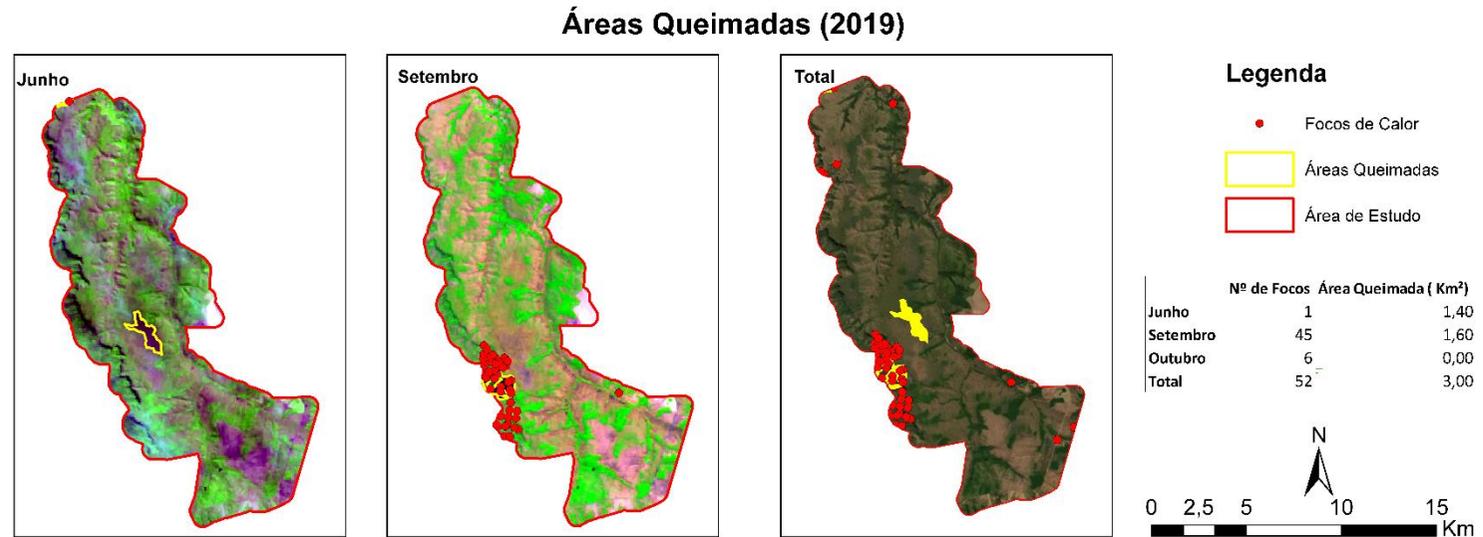
O mês de junho apresentou um total de 1,402 km² de área queimada e somente um registro de foco. As cicatrizes estão localizadas nas regiões norte e central da área de estudo, sendo que a última citada possivelmente ocorreu pela atividade de MIF, justamente por se tratar de uma das áreas prioritárias para esta ação e por ter ocorrido em um mês em que normalmente essa prática é realizada. Analisando a imagem, é possível observar que a resposta espectral segue um padrão diferente, o que se deve pela provável presença de fumaça ocasionada por queimadas em regiões próximas ao PEL.

Os resultados de setembro demonstram que este mês se destacou por apresentar o maior número de focos registrados e área queimada entre os meses analisados, possuindo total concordância com as cicatrizes mapeadas. Foram contabilizados um total de 45 focos e 1,602 km² de área queimada, concentrados na porção sudoeste do Parque, sendo uma zona de declive acentuado.

Em se tratando do mês de outubro, este apresentou um total de 6 focos. Porém, não foi realizado o mapeamento das cicatrizes devido a qualidade das imagens do referido mês estarem muito prejudicadas em razão da elevada incidência de nuvens no local, o que impossibilitou a observância de possíveis cicatrizes.

No total foram mapeados 2,359 km² de cicatriz e 52 focos, sendo que cerca de 86% destes focos são dos registros de setembro. Boa parte das cicatrizes possuem concordância com os focos, porém, uma área na região central do Parque se destaca pela extensão e por não apresentar nenhum foco associado.

Figura 12: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2019.



Fonte: Autor (2021).

5.1.6 Análise de 2020

A Figura 13 apresenta os resultados dos meses de junho a novembro de 2020. No mês de junho ocorreu somente um registro de focos e 0,388 km² de cicatriz, sendo que 87,5% da área mapeada está localizada na porção nordeste da área de estudo.

Em se tratando do mês de julho, as cicatrizes estão mais concentradas no lado leste do PEL. Foi registrado um total de 7 focos e 0,416 km² de cicatrizes, o que corresponde a 7% de toda área mapeada no ano.

Já o mês de agosto apresentou um foco de calor e o menor somatório de área queimada do ano de 2020, o que representa 0,062 km². As cicatrizes estão localizadas na porção sul da poligonal de estudo, em área com atividade de pastagem (fora do Parque) e não possui concordância com o foco registrado.

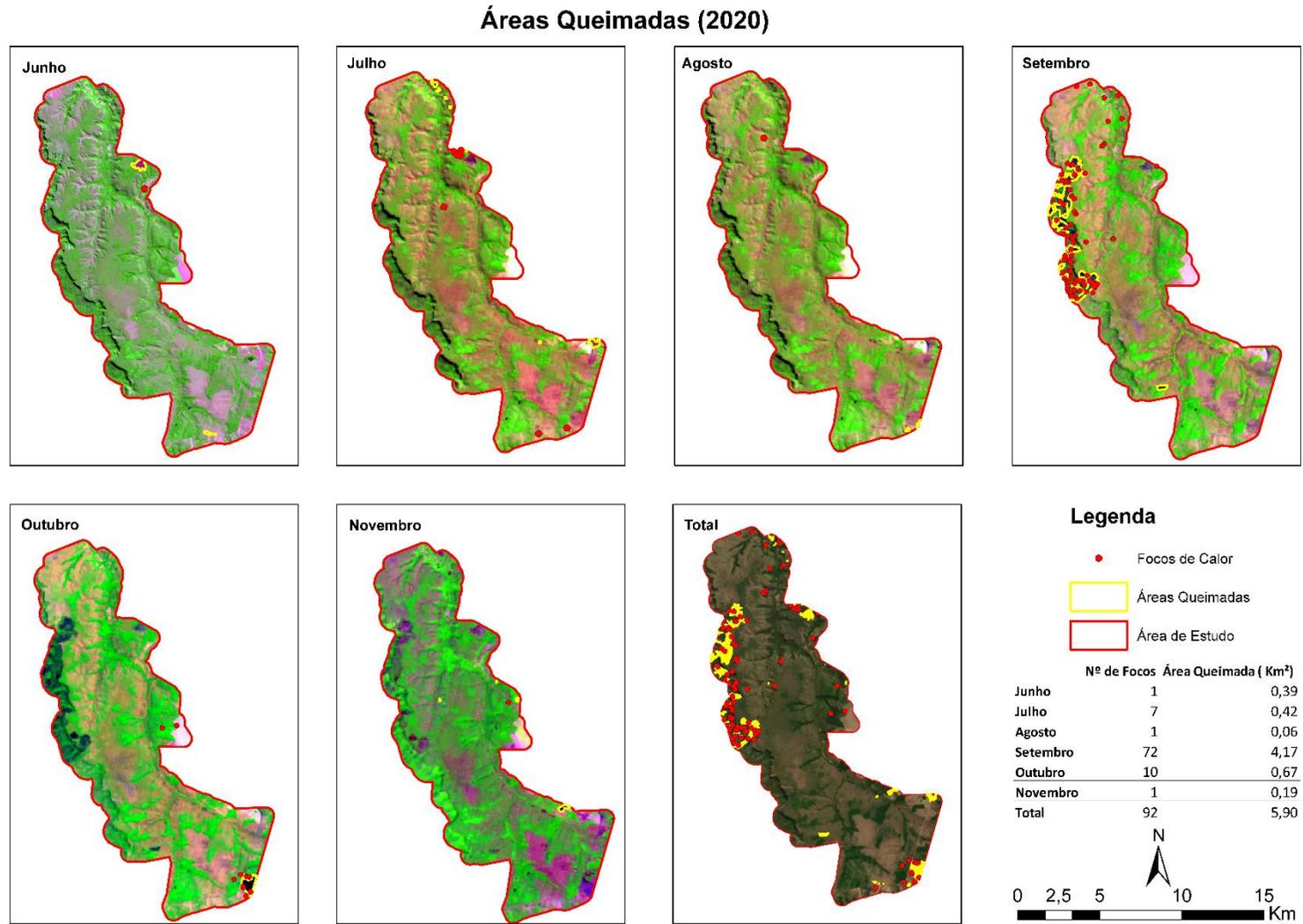
O mês de setembro apresentou 72 pontos de calor e 4,173 km² de área queimada, localizados na região noroeste do Parque, onde o terreno apresenta declive acentuado. Este mês se destacou por representar mais de 70% dos resultados de mapeamento obtidos no ano.

No mês de outubro foram registrados 10 pontos de calor e uma cicatriz de 0,675 km², localizada na região sul do parque, onde ocorre atividade de pastagem (fora do Parque). A maior parte dos focos possui concordância com a área mapeada.

Os resultados de novembro chamam a atenção pelo tamanho e distribuição das cicatrizes, sendo áreas bem pequenas e distantes entre si, o que pode ser um indicativo que os polígonos mapeados não possuem relação uns com os outros. Neste mês foi registrado um foco de calor e o somatório das áreas mapeadas corresponde a 0,191 km².

O conjunto dos resultados do ano de 2020, demonstram que a maior parte da área afetada pelo fogo se encontra na porção noroeste, sendo proveniente principalmente das queimadas ocorridas em setembro. No total, foram contabilizados 92 focos e 5,904 km² de área queimada.

Figura 13: Distribuição espacial das áreas queimadas em 2020.



Fonte: Autor (2021).

5.1.7 Comparativo dos anos analisados

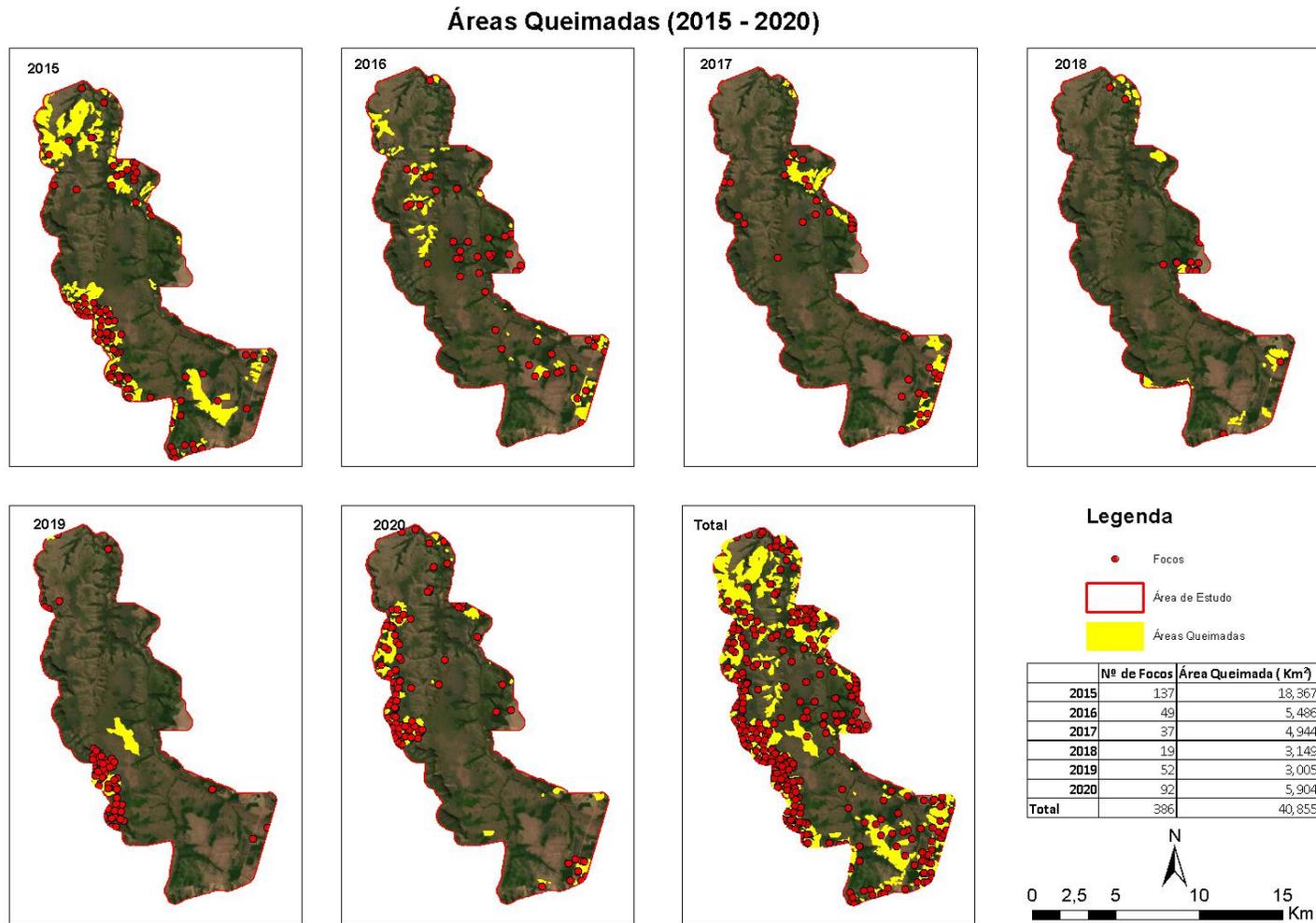
A Figura 14 expõe os resultados do mapeamento das cicatrizes de queimadas ocorridas na poligonal de estudo para o período de seis anos, abrangido entre 2015 a 2020. Nota-se que as cicatrizes possuem uma certa variabilidade espacial, pois ocorreram em todas as regiões da área de estudo, apesar de se observar algumas ocorrências mais frequentes em determinadas áreas.

Observa-se que no ano de 2015 as queimadas ocorrem de forma mais expressiva na porção oeste, norte, nordeste, sul e sudeste da área estudada. Já nos anos de 2019 e 2020 as cicatrizes ficaram mais concentradas na porção oeste, e no caso do primeiro ano citado ocorreu uma cicatriz na região central. Os anos de 2017 e 2018 apresentaram maior ocorrência nas porções sul e leste, e o ano de 2016 apresentou cicatrizes nas regiões sudeste, noroeste e na parte central da poligonal.

No tocante à área total anual queimada, os números mais expressivos são para os anos de 2015 e 2020. Salienta-se que a poligonal de estudo possui 143,31 km² de extensão. Assim, para o ano de 2015 a área queimada totalizou 18,367 km², compreendendo 12,8% de toda a área, e para o ano de 2020 a área das cicatrizes fez um total de 5,904 km², o que corresponde a 4,1% do total da área estudada. Para 2019, ano de menor ocorrência de queimadas, a área queimada foi de 3,005 km², abrangendo 2,1% da área total. Em 2016 foram mapeados 5,486 km² de área queimada, que representa 3,8% de toda área. No ano de 2017 a área queimada foi de 4,944 km², compreendendo 3,4% do total da área de estudo. No ano de 2018 as cicatrizes totalizaram 3,149 km², correspondendo 2,2% da área de estudo. Em todo o período de estudo foram mapeados 40,855 km², o que corresponde a 28,5% do total da área traçada para realização do estudo.

Analisando a relação da ocorrência de focos com as cicatrizes mapeadas, percebeu-se que nem todos os focos possuem concordância com as cicatrizes existentes, possuindo erros de omissão e comissão. Foi observado a presença de cicatrizes sem focos associados (erro de omissão), isso porque o INPE detecta no máximo de 70% a 80% de todas as ocorrências, em decorrência das múltiplas limitações técnicas das imagens, desta forma, nem todas as frentes de queimadas são pontuadas no banco de dados do INPE (SETZER et al, 2012). Além disso, percebeu-se a presença de focos sem queimas existentes, o que caracteriza os erros de comissão.

Figura 14: Distribuição espacial das áreas queimadas ocorridas de 2015 a 2020.



Fonte: Autor (2021).

A Tabela 3 apresenta os resultados de número de focos (Nº), área queimada (km²) e o percentual de área queimada em relação ao total mapeado (%) de todos os anos analisados, sendo possível observar que o maior somatório de área queimada é referente ao ano de 2015 e de todos os meses analisados, setembro apresentou maior representatividade, cujos resultados encontram-se grifados.

Tabela 3: Resumo dos resultados obtidos.

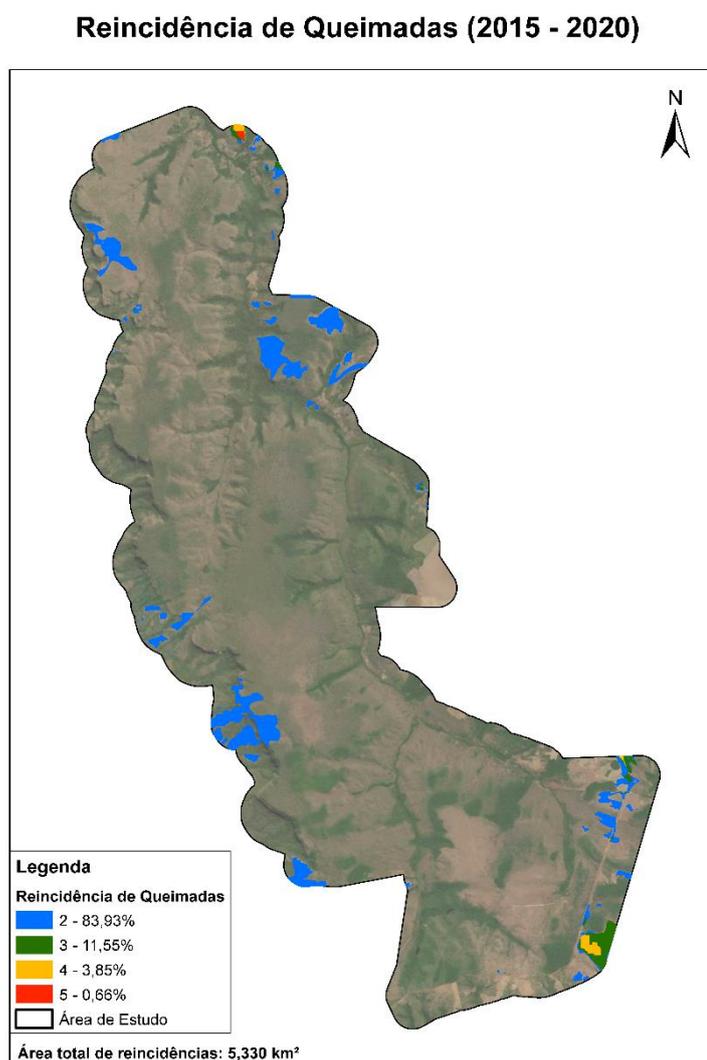
| Ano | Maio | | | Junho | | | Julho | | | Agosto | | | Setembro | | | Outubro | | | Novembro | | | Total | | |
|--------------|------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|--------|-----------------|-----|----------|-----------------|------------|---------|-----------------|-----|----------|-----------------|-----|-------|-----------------|------------|
| | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % | Nº | km ² | % |
| 2015 | - | - | - | 7 | 2,84 | 15% | - | - | - | 5 | 0,02 | 0% | 95 | 6,69 | 36% | 26 | 2,59 | 14% | 4 | 6,23 | 34% | 137 | 18,37 | 45% |
| 2016 | - | - | - | 11 | 2,07 | 38% | 3 | 0,83 | 15% | 6 | 0,44 | 8% | 12 | 0,96 | 17% | 13 | 0,19 | 3% | 4 | 1,00 | 18% | 49 | 5,49 | 13% |
| 2017 | 1 | 0,00 | 0% | 2 | 0,29 | 6% | - | - | - | 6 | 1,53 | 31% | 19 | 1,09 | 22% | 9 | 2,03 | 41% | - | - | - | 37 | 4,94 | 12% |
| 2018 | 6 | 0,46 | 14% | 1 | 0,89 | 28% | 2 | 0,02 | 1% | 2 | 0,44 | 14% | 6 | 0,67 | 21% | 2 | 0,68 | 21% | - | - | - | 19 | 3,15 | 8% |
| 2019 | - | - | - | 1 | 1,40 | 47% | - | - | - | - | - | - | 45 | 1,60 | 53% | 6 | 0,00 | 0% | - | - | - | 52 | 3,00 | 7% |
| 2020 | - | - | - | 1 | 0,39 | 7% | 7 | 0,42 | 7% | 1 | 0,06 | 1% | 72 | 4,17 | 71% | 10 | 0,67 | 11% | 1 | 0,19 | 3% | 92 | 5,90 | 14% |
| Total | 7 | 0,46 | 1% | 23 | 7,88 | 19% | 12 | 1,26 | 3% | 20 | 2,50 | 6% | 249 | 15,17 | 37% | 66 | 6,16 | 15% | 9 | 7,42 | 18% | 386 | 40,86 | 100% |

Fonte: Autor (2021).

5.2 Reincidência de Queimadas

A determinação da frequência das áreas queimadas foi realizada a partir dos polígonos resultantes da sobreposição das áreas queimadas. Os polígonos foram classificados de acordo com a quantidade de vezes que a área foi queimada, assim, foi possível elaborar o mapa da reincidência das queimadas ocorridas na área de estudo (Figura 15), o que permitiu analisar a quantidade de vezes que uma área foi atingida pelo fogo no período analisado (2015 - 2020).

Figura 15: Reincidência das áreas queimadas na área de estudo de 2015 a 2020.



Fonte: Autor (2021).

Verifica-se que nesse período de 6 anos ocorreu no máximo 5 reincidências de queimadas, em que apenas uma área apresentou esse índice, o que corresponde a 0,664% do total de área reincidente. O índice de 4 reincidências apresentou 3,78% do total, já o número de 3 reincidências somou 13,67%, e por fim a frequência 2 que se destacou apresentando 82,22% da área total de reincidências.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise multitemporal das áreas queimadas, observou-se que os anos de 2017, 2018 e 2019 apresentaram os menores somatórios de área queimada, já o ano de 2015 apresentou os maiores índices de área queimada, sendo setembro o mês que mais se destacou ao longo do estudo. Dentre as possíveis causas de ocorrência do fogo identificadas, estão as práticas de MIF para prevenção e combate do fogo dentro da Unidade de Conservação, a queima em áreas de atividade de pastagem e agricultura no entorno do Parque, e a queima intencional ou acidental nas margens da rodovia.

Com os resultados obtidos sobre a quantidade de vezes que uma mesma área foi atingida por queimadas durante os seis anos de análise, observou-se que a reincidência de 3 e 4 ocorreram em maior parte em áreas que possuem atividade de pastagem (fora do PEL), sendo um indicativo da influência antrópica sobre o Parque. Para a área em que se queimou 5 vezes, nota-se que é uma recorrência elevada para o período analisado (6 anos), com grande potencial de degradação, visto que a queima recorrente em uma mesma área causa impactos a vegetação e a torna mais suscetível a ocorrência de novas queimadas. Estes fatos demonstram que mesmo se tratando de uma área protegida, esta unidade não está totalmente livre dos impactos ambientais ocasionados pelas queimadas e ações antrópicas.

Durante a realização deste estudo observou-se alguns fatores limitantes como a presença de nuvens e fumaça sobre a área e a passagem do satélite não cobrir a área de estudo, aliados ao fato do método adotado exigir a coleta de imagens com as datas entre os registros de focos de cada mês. Com isso, percebe-se que a metodologia utilizada é mais indicada para mapeamento de casos pontuais. Para estudos em que se deseja entender o comportamento das queimadas ao longo de meses e anos, recomenda-se a definição do intervalo que se deseja estudar.

Percebe-se que a utilização do geoprocessamento para pesquisas de focos e áreas queimadas torna-se de grande importância para o Parque Estadual do Lajeado, assim como para outras Unidades de Conservação do Tocantins, considerando que é um estado que sofre recorrentemente com queimadas no período de seca. Além disso, o uso dessas ferramentas contribuem para a identificação das áreas que mais sofrem ou são propensas a ação do fogo, e assim possibilita melhores tomadas de decisão para minimização das queimadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, R.; SHIMABUKURO, Y. E. Monitoring biomass burning in the Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, 25(24), pp. 5537-5542, 2004.
- ARRUDA, R. “Populações tradicionais” e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. **Ambiente e Sociedade**, v.5, p.79-92, 1999.
- BARIOU, Robert. **Manuel de télédéction**. Paris: ed. Sodipe, 1978.
- BRAGA, Jonathan Vinagre. **Mapeamento de áreas queimadas usando séries temporais normalizadas derivadas de dados NBR-MODIS durante o período 2001-2014 no Parque Nacional das Emas**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20358/3/2015_JonathanVinagreBraga.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- COLEN, A. G. N. Elaboração de mapas de Geounidades do Parque Estadual de Lajeado no município de Palmas – TO. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 21-26 abril 2007, p. 2455-2462.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G., (Ed.) Fire in the Tropical Biota: ecological processes and global challenges. **Ecological Studies**. Berlin: Springer-Verlang, 1990. p.82-105.
- COUTINHO, Leopoldo Magno. **Aspectos do Cerrado**. 2000. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_vegetacao.htm>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, v. 250, p. 1669-1678, 1990.
- DIAS, G. F. **Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios: subsídios para a educação ambiental**. Brasília: MMA, Ibama, 2008. 32 p.
- FERGUSON, S. A.; SANDBERG, D. V.; OTTMAR, R. Modelling the effect of landuse changes on global biomass emissions. In: **Biomass Burning and Its Interrelationships With the Climate System**. Springer Netherlands, 2000. p. 33-50.
- FILGEIRAS, T. S.; WECHSLER, F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. 1992.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed amp e atu. São Paulo. Editora Oficina de Textos. 2013.
- FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção e controle de incêndios florestais**. Belo Horizonte, CEMIG, 2003.

FRANÇA, D. A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, 2005. p. 3017- 3023.

GASPAR, Lúcia. Queimadas no Brasil. *In: Pesquisa Escolar*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2012. Disponível em: <https://pesquisaescolar.fundaj.gov.br/pt-br/artigo/queimadas-no-brasil/>. Acesso em: 30 abr. 2021.

GIGLIO, LG. R., VAN DER WERF, J. T., RANDERSON, G. J. COLLATZ, KASIBHATLA. P. S., 2006, Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 6, pp. 957- 974.

GOMES, C. Geotecnologias da informação e remodelação do espaço urbano-regional: os sistemas de informação geográfica. **Interface**, v 3, n 3, 7-28, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa vinte vezes mais detalhado mostra Biomas e Sistema Costeiro-Marinheiro**. 2019. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25802-mapa-vinte-vezes-mais-detalhado-mostra-biomas-e-sistema-costeiro-marinheiro#:~:text=Cerrado%3A%20presente%20em%20todas%20as,todas%20as%20regi%C3%B5es%20do%20pa%C3%ADs>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens. São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/ir-p6.html>>. Acesso em: 30 de abril de 2021.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento dos focos ativos por estado**. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: 16 fev. 2021.

JAISSWAL, R.K., MUKHERJEE, S., RAJU, K.D., SAXENA, R., 2002, Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 4 (1), pp. 1–10.

KOHLHEPP, G.. O programa piloto internacional de proteção das florestas tropicais no Brasil (1993-2008): as primeiras estratégias da política ambiental e de desenvolvimento regional para a Amazônia brasileira. **Revista NERA: Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária**, Presidente Prudente, v.21, n.42, p.308-330, 2018.

LEITE, S. E. F. **Transformações espaciais e conflitos de uso no entorno do Parque Estadual do Lajeado, Palmas - Tocantins**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2017.

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

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo é implementado em três Unidades de Conservação do Cerrado**. 2014. Disponível em:

<<http://cerradojalapao.mma.gov.br/noticias/programa-piloto-de-manejo-integrado-do-fogo-e-implementado-em-tres-unidades-de-conservacao-do-cerrado>>. Acesso em: 09 ago. 2021

MOTTA, D. S. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. 2008. 32f. Monografia (Graduação em Engenharia Floresta) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

NATURATINS. **Áreas Protegidas - Parque Estadual do Lajeado**. Disponível em: <<http://gesto.to.gov.br/uc/50/>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

NATURATINS. **Plano de Prevenção, Combate e Manejo Integrado do Fogo Parque Estadual do Lajeado**. Palmas, TO. 2019. Disponível em: <http://www.gesto.to.gov.br/site_media/upload/gestao/documentos/plano_de_MIF_PEL_2019.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.

NUNES, R.S. **FMA+**: um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2005.

OLIVEIRA, A. L.; MARQUES, E. E.; CRISTO, S. S. V. Os Parques Estaduais do Tocantins: ameaças e atividades críticas no gerenciamento. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.3, p.411-425, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0032>.

PEDRINE, H.; SCHAWARTZ, W. R. **Análise imagens digitais**: princípios, algoritmos e aplicações. São Paulo, Thomson Learning, 2008.

PEREIRA, G. et al. Comparação das áreas de queimada obtidas através de dados de campo e de dados do sensor CCD/CBERS 2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007, Belo Horizonte. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 21 -26.

PIVELLO, V. R. Os cerrados e o fogo. **Com Ciência**, n.104, p.0-0, 2009.

PIVELLO, V. R., COUTINHO, L. M., 1992, Transfer of Macro-Nutrients to the Atmosphere during Experimental Burnings in an Open Cerrado (Brazilian Savanna). **Journal of Tropical Ecology**, 8(4), pp. 487-49.

RESENDE, Fernanda Cristina. **Análise da distribuição espacial das áreas queimadas na porção nordeste do bioma Cerrado**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2017. Disponível em: <<https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Fernanda.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora** v. 2. Brasília: Embrapa-Cerrados, 2008.

ROSENDO, J. DOS S.; ROSA, R. A utilização de sensores com resolução moderada (MODIS) no estudo da vegetação na Bacia do Rio Araguari-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33, p. 91–104, 2005.

SEPLAN, Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. **Plano de manejo do Parque Estadual do Lajeado**. Goiânia: DBO Engenharia. 2005. 286 p.

SEPLAN/ DBO ENGENHARIA – NATURATINS. Plano de Manejo Parque Estadual do Lajeado, Goiânia, 2005.

SETZER, Alberto; MORELLI, Fabiano. **Laudo sobre queimadas e incêndios na vegetação ocorridos no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em agosto de 2008**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2012. 18 p. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2012/07.10.21.25/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SILVA, F. et al. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, Brasília: Embrapa-Cerrados, p. 69-88, 2008.

SILVA, L. A. G. C. **Biomias presentes no Estado de Tocantins**. Brasília: Consultoria Legislativa, 2007. 10p. (Nota técnica). Acesso em: 15 mar. 2021. Disponível em: <<https://goo.gl/ENNyjd>>.

SILVA, R.G. da. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo**. Curitiba: FUFEP, 213 p, 1985.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: [s.n.] 2007. 250 p.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F.. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p.219-232, 2002.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Landsat Missions: Frequently Asked Questions about the Landsat Missions. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 30 abr. 2021.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. In: MIRANDA H. S. (ed.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do projeto fogo**. Brasília: IBAMA, 2010. p. 59-76.

ZONA DA MATA. **Manejo do fogo é aprovado como técnica contra incêndios florestais em Minas**. Minas gerais, 2019. Disponível em: <<https://www.zonadamataonline.com/post/manejo-do-fogo-%C3%A9-aprovado-como-t%C3%A9cnica-contra-inc%C3%AAndios-florestais-em-minas>>. Acesso em: 09 ago. 2021.