
ECOLOGIA

Leonardo Francisco Praxedes

**Do campo ao espaço, a complementaridade
de dados para a elaboração de mapas
temáticos de áreas queimadas**



Rio Claro– SP
2023

Leonardo Francisco Praxedes

**Do campo ao espaço, a complementaridade de dados para a
elaboração de mapas temáticos de áreas queimadas**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências –
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
para obtenção do grau de Ecólogo.

Orientador: Milton Cezar Ribeiro

Coorientador: Dhemerson Estevão Conciani da Costa

Rio Claro - SP

2023

P919c	Praxedes, Leonardo Francisco Do campo ao espaço, a complementaridade de dados para a elaboração de mapas temáticos de áreas queimadas / Leonardo Francisco Praxedes. -- Rio Claro, 2023 46 p. : tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Milton Cezar Ribeiro Coorientador: Dhemerson Estevão Conciani da Costa 1. Área queimada. 2. Unidades de Conservação. 3. Geoprocessamento. 4. Análises de Concordância. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

LEONARDO FRANCISCO PRAXEDES

**Do campo ao espaço, a complementaridade de dados para a
elaboração de mapas temáticos de áreas queimadas**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências –
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
para obtenção do grau de Ecólogo.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Profa. Dra. Alessandra Tomaselli Fidelis

Prof. Dr. Daniel Borini Alves

Aprovado em: 28 de abril de 2023



Assinatura do discente



Assinatura do orientador



Assinatura do coorientador

“Dedico a Matagal”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família, em especial minha mãe e pai, gratidão por tudo! Agradeço enormemente minha prima Ana, simplesmente por ela existir, agradeço também a minha amiga e companheira Monise por sempre me apoiar e me instigar a correr atrás dos meus sonhos.

Meus agradecimentos também ao Cursinho Alternativo e todas as pessoas que estiveram comigo nessa jornada, vocês foram essenciais na minha caminhada.

Agradeço a UNESP Rio Claro por me proporcionar vivências incríveis. Agradeço aos meus irmãos e irmãs da Ecologia e em especial meus companheiros e companheiras de turma, dedico 018!

Meu sincero agradecimento a todas as pessoas com quem eu pude compartilhar morada durante minha estadia em Rio Claro, vocês sem dúvidas me ensinaram muito! Salve Matagal, Jardim Botânico e a casa da Marola e do Marcos, hehe.

Ao meu amigo e (co) orientador Mustache, obrigado pela paciência e instrução, sua mentoria foi de extrema importância para o acontecimento deste trabalho.

E por fim agradeço muito aos meus irmãos e irmãs de fitas, e a todos os slackliners do planeta terra, um salve para todos os micróbios, em especial para Jumper's Slackline e Ciclone Slackline!. Auuuuuuuuuuuuu.

RESUMO

Este projeto analisou os padrões espaço-temporais de áreas queimadas na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável gerenciada pela Fundação Florestal do Estado de São Paulo (UF-SP). Através da análise de concordância da complementaridade de dados obtidos por registros oficiais da UC (boletim de ocorrência de incêndio — BOI, utilizados como dados de referência), dos dados de mapeamento automático dos produtos Monitor do Fogo da Coleção 7 do MapBiomas e *MCD64A1* a bordo da plataforma MODIS da NASA, e do mapeamento manual realizado por Pires, 2022. A área total queimada conforme a complementaridade dos produtos foi de 551 hectares queimados, onde os dados de referência equivalem a 345 ha, o delineamento manual realizado por Pires, 2022 registrou 174 hectares (com concordância de 47%), os dados obtidos pelos produtos automáticos demonstraram-se menos compatíveis com os de referência, o MCD64A1 registrou 28 ha (14,2%) e o Monitor do Fogo apenas 2,6 ha (1,31%). O período de estiagem apresentou maiores cicatrizes de queima 477 ha valor que corresponde a 86% da área total queimada, sendo o mês de setembro o mais afetado 244 ha. Os padrões espaciais das cicatrizes mantiveram-se próximos às áreas limítrofes à cidade, com grande presença de gramíneas exóticas. As divergências entre os produtos e os dados de referência, observadas na análise de concordância, reforçam que para casos como o da FEENA, os produtos de mapeamento automáticos e/ou geoprocessados manualmente existentes mostram-se pouco assertivos perante a realidade, com isso tornam-se ferramentas pouco eficazes para auxiliar a gestão da UC perante às fiscalizações de áreas queimadas.

Palavras-chave - Área queimada, Unidades de Conservação, Geoprocessamento, Análise de Concordância.

ABSTRACT

This project analyzed the spatio-temporal patterns of burned areas in the “Edmundo Navarro de Andrade” State Foresta (FEENA), a Sustainable Use Conservation Unit managed by the Forest Foundation of the State of São Paulo (FF-SP). Through the analysis of complementarity agreement of data obtained from official records of the UC (fire occurrence bulletin - BOI, used as reference data), automatic mapping data from the Monitor do Fogo products from Collection 7 of MapBiomas and MCD64A1 on board the NASA MODIS platform, and the manual mapping performed by Pires, 2022. The total burned area according to the complementarity of the products was 551 hectares, where reference data corresponds to 345 ha, the manual delineation carried out by Pires, 2022 recorded 174 hectares (with a concordance of 47%), the data obtained from automatic products proved to be less compatible with the reference data, with MCD64A1 recording 26 ha (14,2%) and the Monitor do Fogo only 2.6 ha (1,31%). The dry season period presented greater burn scars, with 477 ha, corresponding to 86% of the total burned area, with September being the most affected month, with 244 ha. The spatial patterns of the scar remained close to the areas bordering the city, with a large presence of exotic grasses. The discrepancies between the products and the reference data observed in the concordance analysis reinforce that, for cases like FEENA, automatic mapping products and/or manually processed geoprocessing are shown to be little accurate in relation to reality, marking them ineffective tools to assist the UC management in relation to the inspections of burned Areas.

Keywords: Burned Area, Conservation Units, Geoprocessing, Concordance Analysis.

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Material e Métodos.....	8
2.1 Área de Estudo.....	8
2.2 Base de dados de área queimada.....	12
2.2.1 Dados de campo (referência).....	12
2.2.2 MapBiomias Fogo (Monitor do Fogo).....	12
2.2.3 MODIS (MCD64A1).....	13
2.2.5 PIREs, 2022 (Delimitação manual).....	13
2.3 Uso e cobertura da terra.....	14
2.3.1 MapBiomias Coleção 7.....	14
2.5 Processamento dos dados.....	14
2.5.1 Métricas utilizadas.....	14
2.5.2 Análises de concordância espacial.....	16
3. Resultados.....	16
3.1 Variação espaço-temporal anual dos produtos de queima na FEENA.....	16
3.1.1 Variação espaço-temporal mensal dos produtos de queima na FEENA.....	17
3.2 Variação espaço-temporal de forma isolada das áreas queimadas derivadas dos diferentes produtos.....	18
3.2.1 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelos dados de Campo (referência).....	18
3.2.2 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelos dados de PIREs, 2022 (delimitação manual).....	19
3.2.3 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelo sensor MODIS (MCD64A1).....	20
3.2.4 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelo MapBiomias (Monitor do Fogo).....	21
3.3 Variação espaço-temporal da concordância entre os produtos.....	21
3.4 Áreas queimadas segundo dados de Uso e Ocupação de solo do MapBiomias coleção 7.....	24
3.5 Mapeamento dos produtos isolados e por análises de concordância.....	24
4. Discussão.....	25
5. Conclusão.....	28
Referências.....	29
ANEXOS.....	36

1. Introdução

Há pouco mais de 500 anos, antes da invasão europeia e colonização das terras que constituem o Brasil, a vegetação nativa da Mata Atlântica cobria aproximadamente 130 milhões de hectares (Mha) ao longo do litoral brasileiro e interior do país (COLLINS, 1990). O “descobrimento do Brasil” ocorreu no dia 22 de abril de 1500, neste mesmo dia estrangeiros cortaram a primeira árvore que foi usada para construção de uma cruz, demonstrando assim o símbolo do domínio e posse de terras pelas potências europeias, a partir de então iniciou-se sobre a Mata Atlântica um processo de desmatamento. (DEAN, 1997). A partir de meados do século XVI, no contexto de extração de matéria-prima, a exploração do Pau-brasil tomou força, servindo como uma valiosa fonte de corante vermelho, que era muito procurado na Europa para a coloração de tecidos, pinturas e cosméticos, fazendo com que essa espécie se tornasse criticamente ameaçada de extinção (JOLY et al., 2014). Historicamente, as principais perdas de vegetação nativa na Mata Atlântica ocorreram pela demanda por madeira, pela expansão agropecuária, silvicultura e construções de cidades (SANTOS et al., 2020). A Mata Atlântica faz divisa com os biomas Amazônia, Pantanal, Pampa, Cerrado e Caatinga (RIBEIRO et al., 2009). Tal conectividade permitiu a evolução de uma rica biodiversidade (SILVA et al., 2004; RIBEIRO et al., 2011),abrigoando cerca de 20.000 espécies de plantas, 861 espécies de aves, 625 espécies de anfíbios, 321 espécies de mamíferos e 300 espécies de répteis, onde aproximadamente 50% das espécies desses grupos são endêmicas (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2017; BROWN; FREITAS, 2000). No entanto, 38% das espécies de plantas e 46% das espécies de animais estão ameaçadas de extinção (IUCN, 2021). Com essa vasta biodiversidade, endemismo e nível elevado de ameaça, o bioma se enquadra como um dos *hotspots* globais para conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000; REZENDE et al., 2018).

Segundo dados do Projeto MapBiomas – coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em 12 de abril através

do link: <https://mapbiomas.org/>, a área de vegetação nativa remanescente da Mata Atlântica para o ano de 2021 abrange 34,7 milhões de hectares (Mha) - 31,3% da área total do bioma. Destes, 30,7 Mha correspondem a áreas de formações florestais (88,5% de toda vegetação nativa remanescente) e 3,97 Mha de áreas de formação não florestal (11,5%). A agropecuária destaca-se pela elevada abrangência no bioma cobrindo 71,54 Mha (64,7% da área total do bioma). Dentre a área ocupada por algum tipo de atividade agropecuária destacam-se a agricultura (20,96 Mha - 29,3% da área agropecuária), pastagens (27,93 Mha - 39% de todas as áreas agropecuárias) e 4,44 Mha de áreas com plantios de árvores dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* voltadas para a silvicultura (6,2%). Este cenário qualifica a Mata Atlântica como um bioma severamente antropizado pelo qual aproximadamente 83% dos fragmentos são menores que 50 hectares (ha) e possuem distância média considerável de aproximadamente 1.400 metros fazendo com que a circulação de algumas espécies tornem-se dificultosas (RIBEIRO et al., 2009; HANSKI, 1994).

O resultado dessa intensa fragmentação sobre Mata Atlântica fez com que o bioma se tornasse um mosaico de paisagens, onde os fragmentos de vegetação nativa remanescente tornaram-se susceptíveis ao efeito de borda (RANTA et al., 1998), como, por exemplo, a expansão e dominância por gramíneas exóticas e arbóreas exóticas, aumentando assim a quantidade de material combustível e a suscetibilidade do bioma aos incêndios florestais (MURCIA, 1995). A Mata Atlântica é um bioma sensível ao fogo e é considerada um ecossistema independente do fogo (HARVESTY et al., 2005). A sensibilidade do bioma ao fogo fez com que o uso desordenado de queimas sobre a vegetação nativa fosse um dos principais instrumentos na abertura da paisagem e conversão para áreas agropecuárias (DA FONSECA, 1985). Atualmente o regime de fogo da Mata Atlântica encontra-se severamente alterado em relação ao seu regime prístino, pelo qual a principal causa de ignição é antrópica, iniciando-se essencialmente pelas bordas dos fragmentos, adentrando o interior e consumindo o material combustível fino, bem como pequenas árvores e mudas, isso permite o acesso de gramíneas exóticas ao interior dos fragmentos, que por vez facilita a reincidência de fogo (PIVELLO et al., 2021). Além de dificultar a sucessão ecológica, a ocorrência de queimadas

em ecossistemas florestais tende a conduzir processos erosivos, perda na capacidade de produção/retenção de recursos hídricos e a perda de biodiversidade (SANSEVERO et al., 2017; SCHMERBECK; FIENER, 2015).

Todos os anos os incêndios florestais afetam o território brasileiro ocasionando perdas de cunho ecológico, paisagístico e econômico (COSTA et al., 2009). No caso da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), área de estudo deste trabalho e um significativo fragmento de Mata Atlântica e remanescentes de Cerrado no interior paulista, como descrito em seu Plano de Manejo (REIS et., 2015), os focos de incêndios tendem a ocorrer com maior frequência entre os meses de junho e outubro (que correspondem aos meses de seca - baixa pluviosidade e baixa umidade relativa do ar). O plano de manejo atribui como principal causa das queimadas os hábitos dos moradores da malha urbana que circunda a UC (cerca de 30% do perímetro da UC (8 km) faz contato direto com a malha urbana), sendo em suma maioria classificadas como "queimadas acidentais" ou "queimadas criminosas". Os hábitos elencados são diversos: limpeza da área para ocupação antrópica, animal e/ou pequenas culturas agrícolas, manejo de pastagens, eliminação de resíduos, e também ações criminosas como a soltura de balões e visitantes que realizam ações não permitidas pelo Plano de Manejo (REIS et., al. 2015).

Os efeitos das queimadas sobre a vegetação e o acúmulo de cinzas sobre o solo geram modificações nos padrões de reflectância da superfície terrestre, pelo qual a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto possuem alto potencial para identificar áreas queimadas, propiciando dois tipos de detecção: a de focos ativos de fogo (baseada no sinal térmico, alterações de brilho e temperatura do fogo ativo) e a detecção das cicatrizes deixadas , baseada na reflectância da superfície atingida pelo fogo (PEREIRA,1999). Produtos de detecção automatizada de queimadas na paisagem tem enriquecido o histórico de fogo em escala global (MOUILLOT et al., 2014), dentre esses destaca-se o uso do produto MCD64A1 do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e, em escala nacional, produtos da iniciativa MapBiomas, derivados da coleção de imagens da série Landsat. Tais produtos podem servir como ferramentas norteadoras para a elaboração de

planejamentos e implementação de medidas mitigatórias que busquem a predição e prevenção de incêndios florestais (FRANKE et al., 2018; SANTO et al., 2018).

Ações voltadas à monitoria de queimadas são de suma importância para a compreensão dos processos ecológicos e dos impactos derivados da queima. Seu produto pode resultar em subsídios para elaboração de estratégias que contribuam para a conservação da biodiversidade, do solo e também para estimar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) (ALVES; PÉREZ-CABELLO, 2017). Com isso, a identificação e a quantificação das áreas queimadas são essenciais para a compreensão da dinâmica da ocorrência do fogo (ALVARADO et al., 2017). O conhecimento dos padrões de ocorrência do fogo permite um melhor entendimento de seu regime e dos processos que guiam este fenômeno, bem como a confecção de mapas temáticos de áreas prioritárias para mitigação de riscos. Além disso, nossos resultados podem servir como instrumento norteador para o planejamento de ações de combate e prevenção, auxiliando na gestão de áreas protegidas na busca de minimizar os efeitos negativos causados por incêndios florestais.

Com isso, o presente trabalho visa combinar e testar a complementaridade de diferentes bases de dados no mapeamento do regime de fogo ocorrido na FEENA, através da elaboração de mapas temáticos que apontam as áreas queimadas na UC, os objetivos gerais são: combinar múltiplos produtos de áreas queimadas e avaliar a complementaridade entre o mesmos para caracterizar os padrões espaços-temporais de áreas queimadas na FEENA.

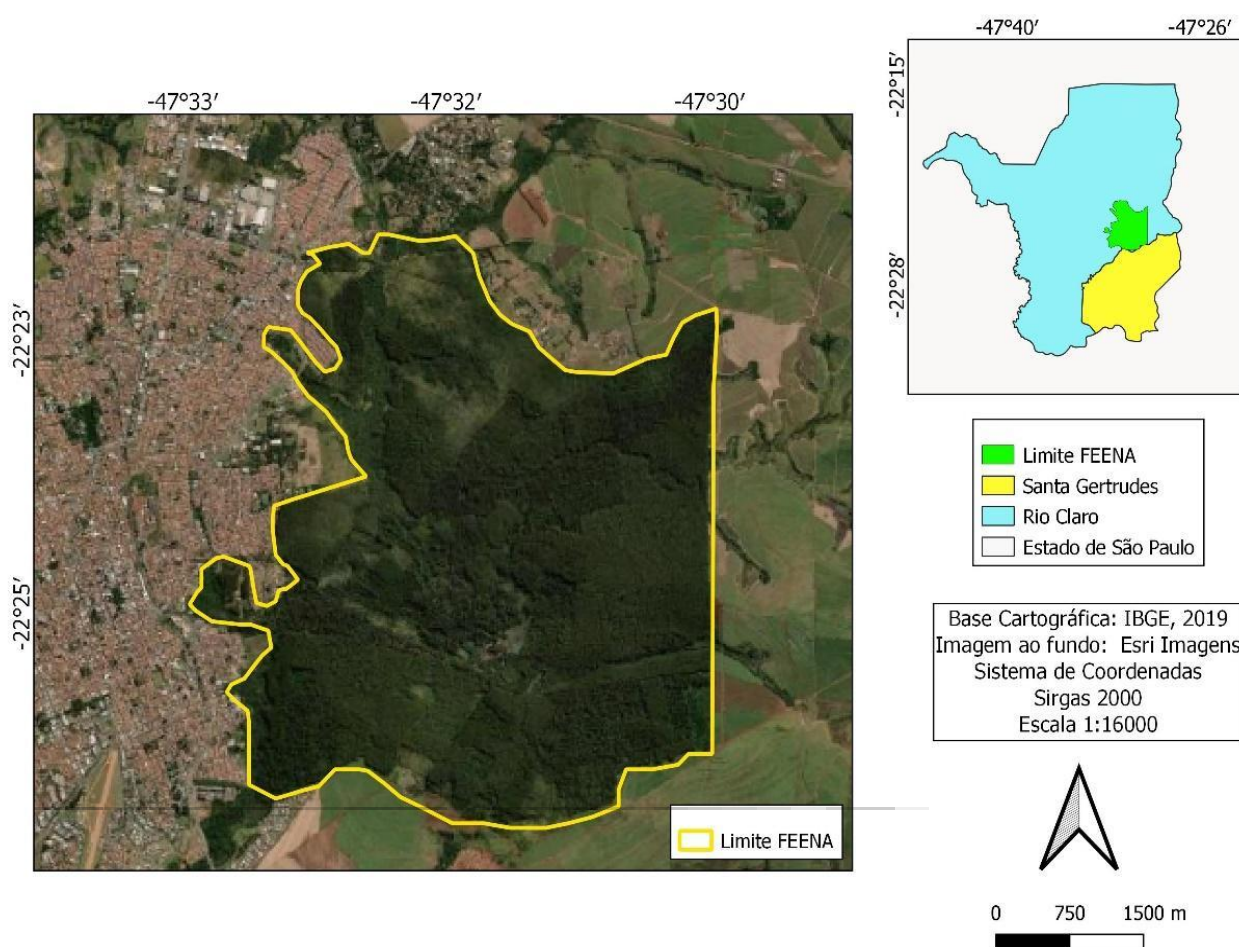
2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A FEENA é uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável com uma área de 2.230 ha que abrange os municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, ambos no estado de São Paulo (Figura 1). As principais vias de acesso à UC estão localizadas na cidade de Rio Claro, que conta com uma área de 498,422 km² de extensão (IBGE, 2020), onde a população estimada é de aproximadamente 206.000 habitantes (IBGE, 2021). Situada a 179 km da

cidade de São Paulo, é transpassada por grandes rodovias: Anhanguera (SP – 330), Bandeirantes (SP – 250) e Washington Luís (SP – 310); e também pequenas rodovias municipais, como: Fausto Santomauro (SP-127), Wilson Finardi (SP-191) e Constante Peruchi (SP-316) (REIS et al., 2015), rodovias que se destacam pela ocorrência de queimadas durante os períodos de estiagens (CONCIANI et al., 2021).

Figura 1 - Mapa de Localização da FEENA. O polígono com bordas em amarelo indica a área da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA). Imagem de fundo Esri Imagery 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

2.1.1 Clima

O clima da região da FEENA, segundo a classificação de Koppen é do tipo Cwa, e apresenta duas estações bem definidas, a mesotérmica e a tropical de altitude, a temperatura média anual é de 20,6°C, e conta com estiagens nos meses de junho à setembro, onde a precipitação média é de 346 mm, e chuvas nos meses de dezembro à março, período em que a precipitação possui média de 1188 mm (REIS et al., 2015).

2.1.2 Relevo e hidrografia

O relevo da FEENA é caracterizado por uma grande diversidade de formas, como planícies aluviais, colinas suaves, morros arredondados e escarpas abruptas, resultando em uma paisagem heterogênea e complexa. As declividades predominantes variam entre as classes de 5 a 10%, 10 a 20% e 20 a 30% (REIS et al., 2005). Segundo Machi e Cunha (2006), a FEENA está localizada em uma região de planalto com altitude média de 600 m acima do nível do mar, apresentando uma topografia com variação altimétrica de 100 a 250 m. A área é composta por dois principais compartimentos geomorfológicos: o Planalto e a Serra do Itaqueri. O Planalto é formado por colinas suaves e morros arredondados, enquanto a Serra do Itaqueri é caracterizada por uma sucessão de escarpas abruptas e vales encaixados. Além disso, a FEENA apresenta diferentes tipos de solos, como Latossolos Vermelhos e Amarelos, Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos, que variam em função das características geomorfológicas e dos tipos de rochas presentes na região (MACHI; CUNHA, 2006). Os solos da FEENA são geralmente rasos e ácidos, com baixa fertilidade natural e alto teor de alumínio e ferro (REIS et al., 2015).

Localizada na Depressão Periférica Paulista, a FEENA está vinculada às formações Rio Claro e Corumbataí (REIS et al., 2015). Derivados da Bacia do Ribeirão Claro, os cursos fluviais que transpassam pela UC são: Ribeirão Claro (que é responsável pelo fornecimento de água para aproximadamente 20% da população de Rio Claro), e os córregos Ibatinga e Santo Antônio (REIS et al., 2015).

2.1.3 Vegetação

A vegetação da UC é composta em sua maioria por talhões de espécies de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., espécies nativas são encontradas em talhões de nativas, nas matas ciliares e também nos talhões de manejo florestal que acabaram sendo abandonados, permitindo que a vegetação prístina representada pela Floresta Estadual Semidecidual regenera-se no sub-bosque (MACHI; CUNHA, 2006), e também conta com pequenos remanescentes de cerrado e floresta paludosa. (ZAMPIN; RIBEIRO, 2017).

2.1.4 Histórico de manejo

A Companhia Paulista de Estradas de Ferro (Cia. Paulista), no ano de 1909 adquiriu cerca de 1.260 ha, ocupados pela Fazenda Santa Gertrudes, essa área passou a ser a sede do Serviço Florestal da Cia. Paulista (REIS et., al. 2015). Posteriormente, em 1916, a Cia. Paulista adquiriu mais duas glebas, derivadas das Fazendas Cachoeirinha e Santo Antônio, totalizando assim, cerca de 3.000 ha de terras, onde antemão à venda, a área era ocupada majoritariamente por plantações de café (DACANAL et al., 2002). Com a compra dessas fazendas, a Cia. Paulista contrata o agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, que na área iniciou o plantio de espécies de *Pinus* e 144 espécies de *Eucalyptus*, que até então era usado para fins ornamentais, dando início aos trabalhos de Silvicultura, buscando a expansão das estradas de ferro. Toda a área ficou conhecida como Horto Florestal de Rio Claro e/ou Horto Florestal “Navarro de Andrade”, nome concebido em homenagem ao Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, que por seus esforços é conhecido como o *Pai da Silvicultura Brasileira* (MARTINI, 2004).

Posterior aos anos de estudos e trabalhos com Silvicultura a área passou a ter grande relevância ambiental, com isso, o antigo Horto Florestal de Rio Claro, conforme o decreto nº 46.819 de 11 de junho 2002 (SÃO PAULO, 2002), tornou-se então a Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), assegurada pela Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 que institui o “Sistema Nacional de Unidades de Conservação” (SNUC) (BRASIL, 2000). De acordo com o SNUC, a FEENA foi categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, buscando a compatibilização da conservação da natureza junto ao uso sustentável dos recursos naturais, e

atualmente é gerida pela Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo ou Fundação Florestal (FF), órgão da Secretaria do Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA-SP).

2.2 Base de dados de área queimada

2.2.1 Dados de campo (referência)

Os dados utilizados como referência foram coletados em campo pela equipe de Manejo Florestal da FEENA, no período de 2018/2022, e foram obtidos por meio de boletim de ocorrência de incêndio — BOI, disponíveis pela plataforma SIGAM, estão disponíveis para acesso público via cadastro na plataforma na aba “incêndios florestais” e “Mapa e Shapefile dos Incêndios Florestais via DataGEO”. Para a captação dos dados a equipe utilizou o aplicativo Avenza Maps, aplicativo desenvolvido pela Avenza System, este permite que mapas georreferenciados possam ser trabalhados em aparelhos como smartphones e tablets de forma offline. As áreas afetadas pelas queimadas foram demarcadas através da ferramenta “marcar percursos”. Essa ferramenta permite que se crie uma poligonal sobre o mapa georreferenciado (AVENZA MAPS, 2023), posteriormente os dados foram exportados em formato KML e adicionados ao banco de dados de áreas queimadas da FEENA.

2.2.2 MapBiomass Fogo (Monitor do Fogo)

O MapBiomass é uma iniciativa brasileira que tem como objetivo mapear e monitorar a cobertura e uso da terra no Brasil. A iniciativa envolve mais de 200 instituições de pesquisa, universidades, empresas e organizações governamentais e não governamentais. Dentre os produtos da iniciativa MapBiomass destaca-se o Monitor do Fogo, que apresenta o mapeamento de área queimada desde o ano de 2019 até os dias de hoje utilizando imagens de satélites Sentinel 2. O Sentinel 2 (com resolução espacial de 10 a 20 metros) possui um sensor conhecido como Multispectral Instrument (MSI), que captura imagens em 13 bandas espectrais diferentes (Blue, Green, Red, NIR, SWIRs e Red Edges), incluindo o infravermelho próximo e médio, que também são úteis para detecção de incêndios florestais (ESA, 2022).

Para facilitar o processamento (anexo 1) de imagens a iniciativa utilizou a ferramenta Google Earth Engine (GEE), que fornece uma série de ferramentas e recursos para o processamento e análise de dados de sensoriamento remoto, permitindo a criação de mapas e modelos de alta performance em escala global, os algoritmos de deep learning utilizados possuem uma mistura de linguagens de programação como Python e JavaScript (ALENCAR et al., 2022) e apresenta grande vantagem em relação aos demais softwares convencionais, pois facilita o armazenamento e o compartilhamento de dados, dispensando a necessidade de computadores super potentes em infraestrutura local e suporte de megabancos de dados (GORELICK, 2016). Os dados resultantes do produto Monitor do Fogo foram adquiridos pela plataforma GEE através do asset *“projects/mapbiomas-workspace/FOGO/MONITORAMENTO/collection-fire-monthly-sentinel2-v2”*.

2.2.3 MODIS (MCD64A1)

O produto MCD64A1 (Direct Broadcast Monthly Burned Area Product) é um híbrido derivado dos sensores MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo das plataformas do satélite Terra e Aqua da NASA que fornece imagens de áreas queimadas através de algoritmos automatizados, que detectam modificações na superfície terrestre via medições de refletividade derivadas das bandas 5 (NIR) e 7 (SWIR) (GIGLIO et al., 2018). Para esse trabalho utilizamos a versão 6 do MCD64A1, os dados do produto são disponibilizados mensalmente desde o ano 2000, sua resolução espacial é de 500 m e a temporal é de 1 a 2 dias. Os pixels de queimada recebem valores de 0 a 366, onde o valor 0 corresponde a um pixel não queimado, os valores de 1 a 366 representam a data (juliana) da ocorrência da queima (ALVES; ALVARADO, 2019). Os dados foram adquiridos através da plataforma GEE pelo asset *'MODIS/061/MCD64A1'*.

2.2.5 PIRES, 2022 (Delimitação manual)

A busca por dados de área queimada na literatura ocorreu pela plataforma Google Acadêmico, na aba pesquisas solicitou-se documentos que abrangem as seguintes palavras “FEENA” e “FIRE”. Com as buscas na

literatura chegamos até o trabalho de conclusão de curso de PIRES 2022, que inspecionou o histórico de queimadas na FEENA entre os anos de 2000 e 2021, delimitando manualmente mensalmente as cicatrizes de áreas queimadas em escala de 1:15.000. No trabalho foram utilizadas imagens orbitais dos sensores Thematic Mapper (TM), do Landsat 5, Enhanced Thematic Mapper+ (ETM+), do Landsat 7, e Operational Land Imager (OLI), do Landsat 8, com resolução espacial de 30 m.

2.3 Uso e cobertura da terra

2.3.1 MapBiomass Coleção 7

Para enriquecer as análises de dados, acrescentamos na poligonal da FEENA os dados da série histórica anual da coleção 7 de uso e cobertura da terra do MapBiomass que abrangem os anos de 1985 a 2021. Os dados foram gerados a partir do processamento automatizado dos sensores Landsat 5 Thematic Mapper™, Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Landsat-8 e Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI-TIRS) e possuem resolução espacial de 30 metros.

2.4 Dados Climáticos

Os dados climáticos (pluviosidade e temperatura) foram obtidos junto ao Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), localizado no campus da UNESP Rio Claro - SP, para o período de análise da pesquisa (2018 - 2022), a média anual dos dados foram apresentadas nos gráficos de concordância espacial buscando o enriquecimento das análises.

2.5 Processamento dos dados

2.5.1 Métricas utilizadas

Neste projeto, serão utilizados produtos derivados do mapeamento realizado por diferentes programas de monitoramento de queimadas. Os programas e bases de dados possuem produtos com distintas características, como resolução espacial, temporal, espectral e radiométrica (Tabela 2) Os diferentes produtos de sensoriamento remoto foram comparados entre si seguindo os parâmetros de área queimada acumulada anual e mensal, e

também com dados obtidos por meio de boletim de ocorrência de incêndio — BOI, coletados em campo, no período de 2018/2022, disponibilizado pela Secretaria de Infraestrutura, Meio Ambiente e Logística (SEMIL).

Tabela 2 - Produtos de monitoramentos de queimadas comparados neste estudo e suas principais características.

Órgão ou iniciativa	Produto	Satélite	Resolução espacial	Resolução temporal	Período
MapBiomass	Monitor do fogo	Sentinel 2 A/B	10 a 20m	6 dias	2019-atual
NASA	MCD64A1	MODIS	500 m	Diário	2000-atual
FEENA	Dados de campo	x	x	x	2018-2022
PIRES et al	Delimitação Manual	Landsat 5,7,8	30 m	16 dias	2000-2021

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Às imagens dos produtos foram obtidas através da plataforma Google Earth Engine (GEE) para o perímetro da FEENA (código anexo, material suplementar S1) A comparação dos dados foi realizada utilizando o software QGIS Desktop 3.16.6, sobre o sistema de referência geocêntrico SIRGAS 2000, projetado para a zona UTM 23S. A base cartográfica utilizada para a representação dos limites federais e municipais foi obtida do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o limite da FEENA foi disponibilizado pela SEMIL. As métricas derivadas do sensoriamento remoto usadas para comparar os diferentes produtos são descritas na tabela 3.

Tabela 3 - Métricas derivadas de sensoriamento remoto usadas para comparar os produtos

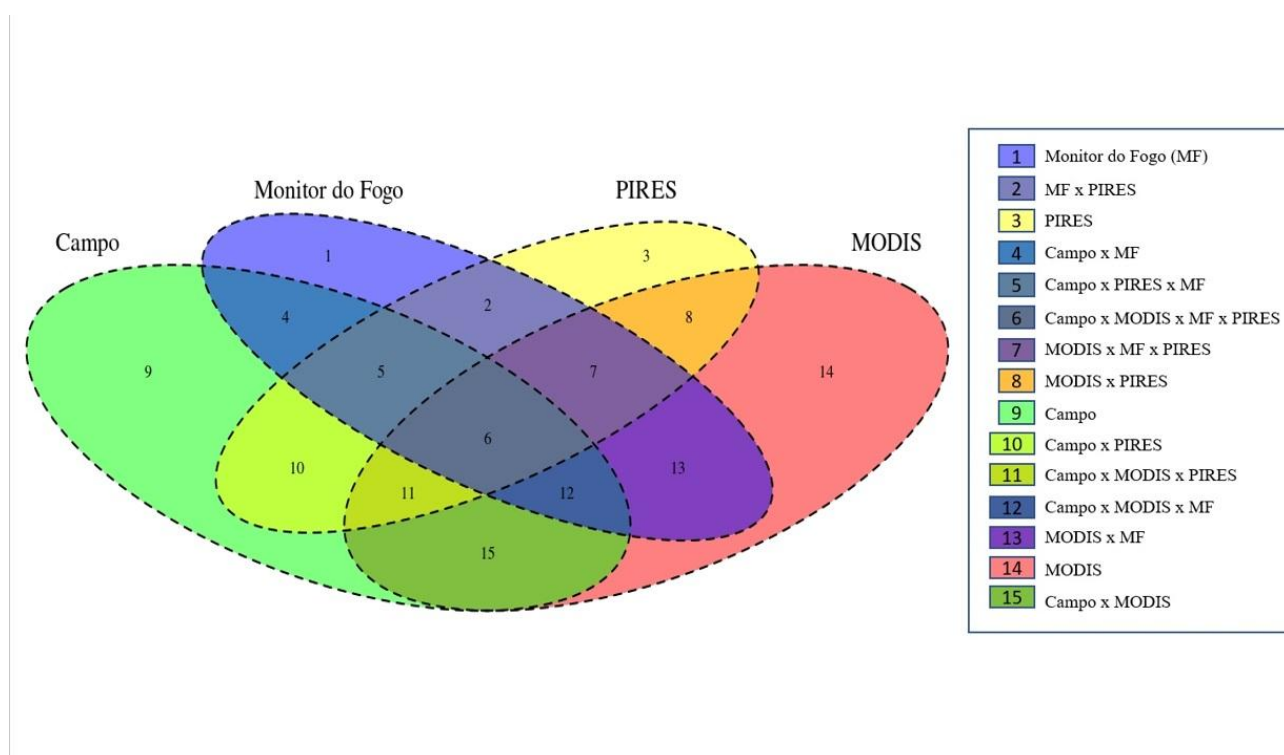
Métrica	Unidade	Descrição
Queimada acumulada	Ha	Soma dos tamanhos de manchas de cicatrizes individuais (por hectares) por ano e mês
Área queimada relativa	%	Proporção entre área queimada e área total

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)..

2.5.2 Análises de concordância espacial

Análises de concordância espacial são utilizadas para avaliar e aferir se determinados produtos concordam ou não entre si (WATSON; PETRIE, 2010). Com as regras de concordância as áreas queimadas foram comparadas em períodos mensais e anuais (figura 2).

Figura 2. Diagrama de venn com as possíveis concordâncias entre os produtos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3. Resultados

3.1 Variação espaço-temporal anual dos produtos de queima na FEENA

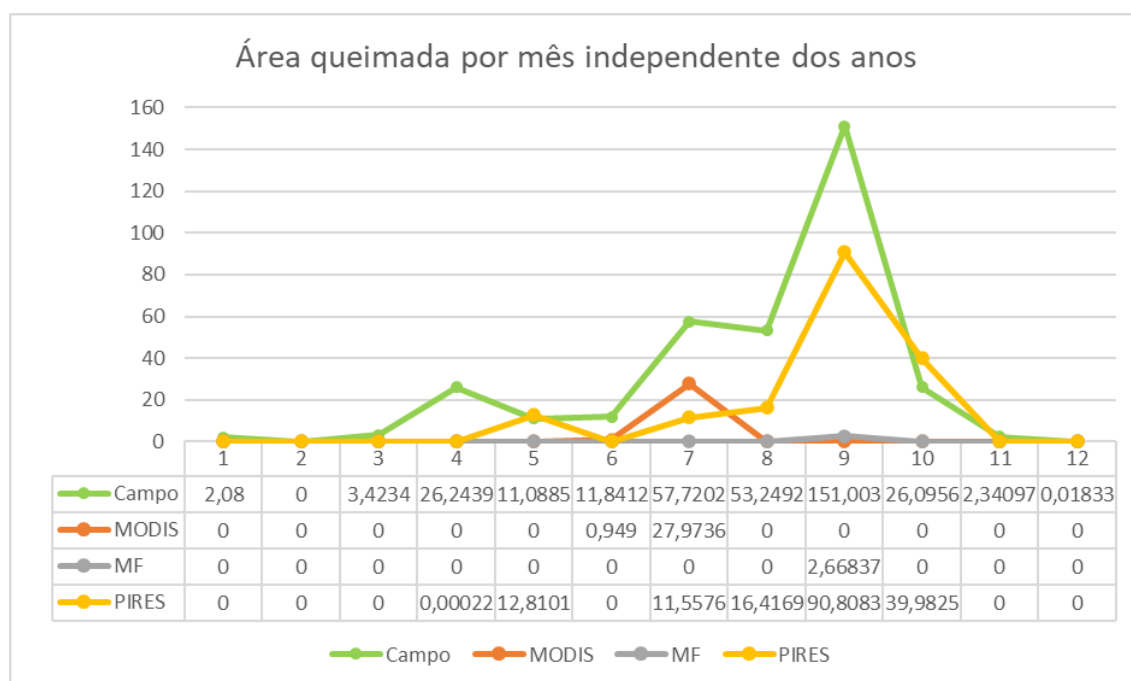
Considerando o dado de referência, foram registradas 551,27 ha de área queimada acumulada na FEENA, que representa 24,72% de sua área total, com uma área média de 30,16 ha, e desvio padrão foi de 41,02 ha.

Considerando as áreas que queimaram pelo menos uma vez foram detectados 253 ha de áreas queimadas na FEENA, que corresponde a 11,35% de sua área total .

3.1.1 Variação espaço-temporal mensal dos produtos de queima na FEENA

Os meses que apresentaram maiores cicatrizes de queima correspondem ao período de estiagem, destacando-se os meses de julho, agosto, setembro e outubro e concentram 477 ha valor que corresponde a 86% da área total queimada, tendo o mês de setembro como o mais afetado onde foram aferidos 244 ha queimados (figura 3), que corresponde a 10,96% do território da FEENA. Somente em dois meses (maio e outubro) os dados de campo ficaram abaixo de outro produto, no caso Pires, 2022. A média mensal da soma de todos os produtos foi de 11 ha, e o desvio padrão foi de 27,5 ha.

Figura 3 - Área total queimada por mês para todos os produtos independente dos anos.



Legenda: O eixo x representa os produtos utilizados, o eixo representa a área queimada em ha. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

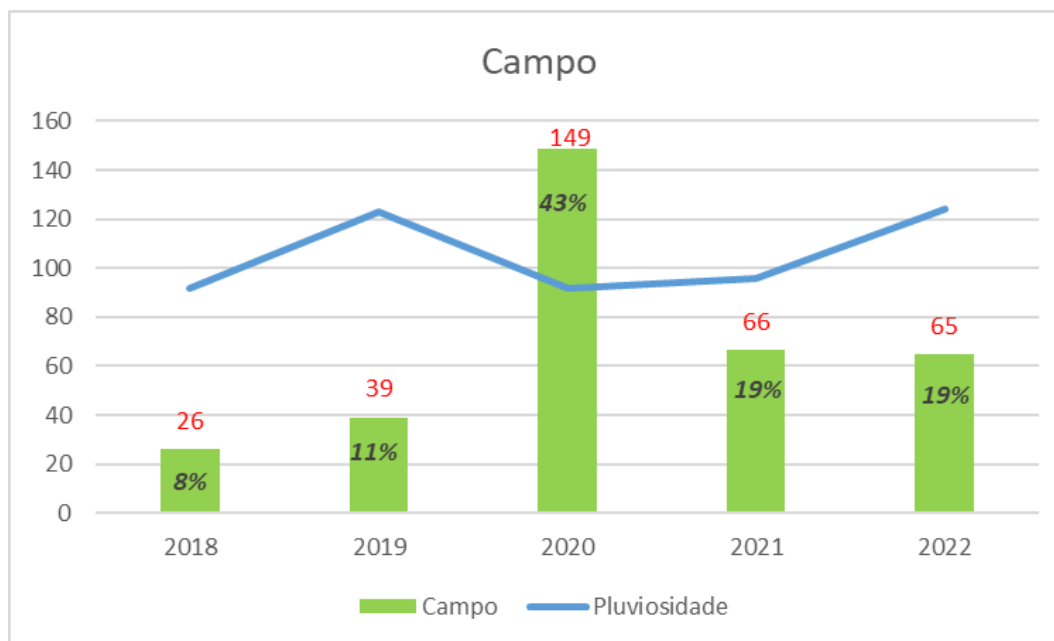
3.2 Variação espaço-temporal de forma isolada das áreas queimadas derivadas dos diferentes produtos

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos pelos produtos, a seguir serão demonstrados os resultados dos diferentes produtos de forma isolada.

3.2.1 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelos dados de Campo (referência).

Nos anos analisados foram registradas 111 cicatrizes de queima derivados do produto de referência, que representam 15,48% da área total da FEENA, correspondendo a 345 ha. A média foi de 69 ha e seu desvio padrão foi de 47,75 ha. A maior área queimada foi registrada no ano de 2020 totalizando 49,5 ha que corresponde a 2,2% da área FEENA, ano que também representa o maior número de ocorrência de queimadas totalizando 31 poligonais correspondentes a 149 ha (figura 4). O mês com maiores ocorrências de queimadas ao longo do período analisado foi o de setembro, correspondendo a 151 ha, que equivale a 43,76% da área total queimada derivada do produto.

Figura 4 - Área queimada acumulada constatada pelo produto de referência



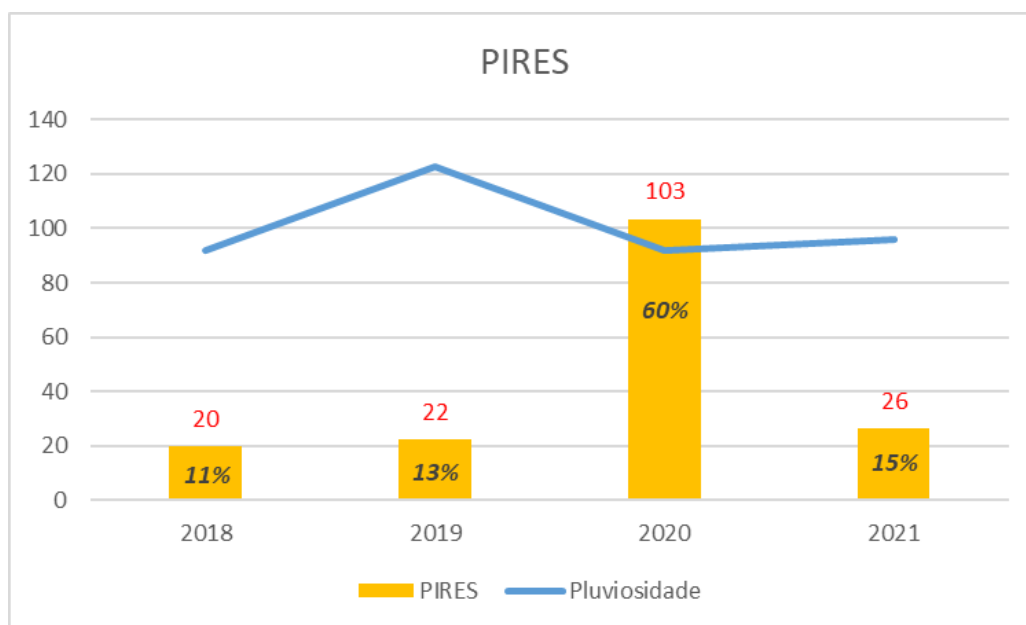
Legenda: Os números coloridos representam média da área anual queimada (ha), os números dentro das barras representam a porcentagem de área queimada durante os

anos, o eixo x é referente ao ano e ao produto, o eixo y demonstra as áreas queimadas em ha e o mm correspondente a pluviosidade. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.2.2 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelos dados de PIRES, 2022 (delimitação manual).

Os dados disponibilizados por Pires, 2022 para o período estudado (2018 - 2021) registraram 38 cicatrizes de queima, que representam 7,69% da área total da FEENA, correspondendo a 171 ha. A média foi de 42,8 ha e seu desvio padrão foi de 40,48 ha. A maior área queimada foi registrada no ano de 2020 totalizando 49,5 ha que corresponde a 2,2% da área FEENA, ano que também representa o maior número de ocorrência de queimadas totalizando 21 poligonais correspondentes a 103 ha (figura 5). Os meses com maiores registros de queimadas ao longo do período analisado foi o de setembro, correspondendo a 90,8 ha, que equivale a 52,92% da área total queimada aferida por Pires, 2022.

Figura 5 - Área queimada acumulada segundo dados de PIRES, 2022.

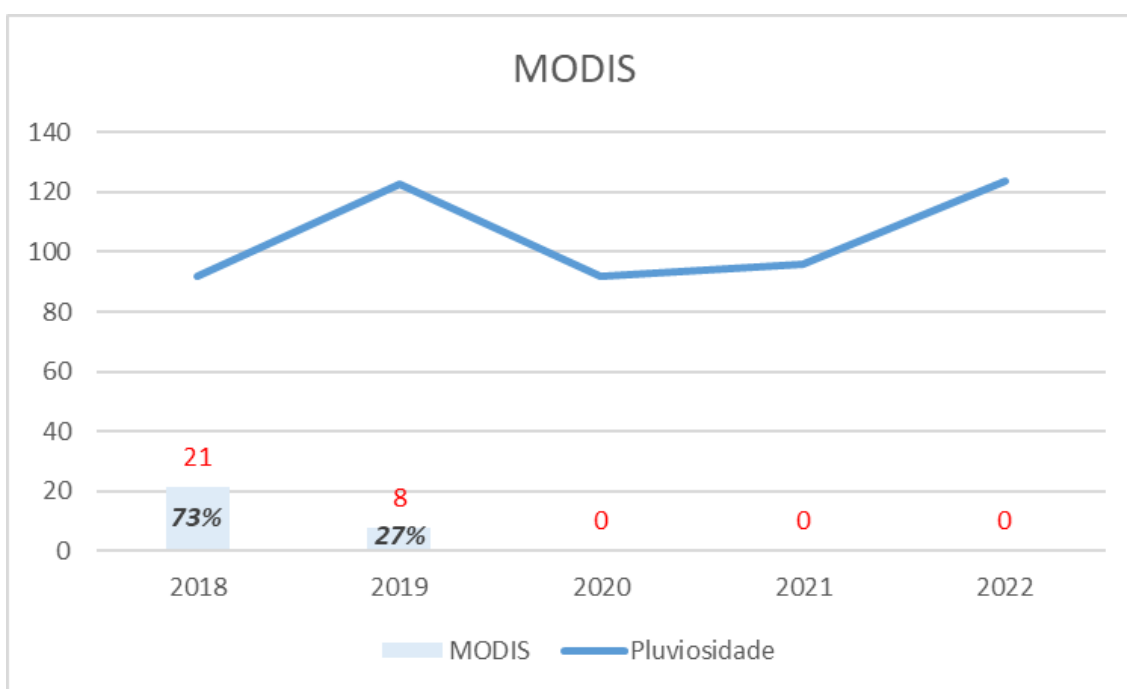


Legenda: Os números coloridos representam média da área anual queimada (ha), os números dentro das barras representam a porcentagem de área queimada durante os anos, o eixo x é referente ao ano e ao produto, o eixo y demonstra as áreas queimadas em ha e o mm correspondente a pluviosidade. Fonte: Pires, 2022 (Elaborado pelo autor).

3.2.3 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelo sensor MODIS (MCD64A1).

Nos anos analisados (2018 - 2022) o produto MCD64A1 registrou ocorrências de áreas queimadas apenas para os anos de 2018 e 2019 ao total foram constatadas apenas 6 cicatrizes de queima, que representam 1,30% da área total da FEENA, correspondendo a 28,9 ha (figura 6). A média foi de 5,7 ha e seu desvio padrão foi de 9,23 ha. A maior área queimada foi registrada no ano de 2018 totalizando 11,34 ha que corresponde a 0,51% da área FEENA. O ano de maior registro de queimadas foi o de 2019 com 4 poligonais, que não foi o ano de maior área queimada, totalizando 7,7 ha. O mês de julho representou a maior área queimada totalizando 27,97 ha , equivalente a 96,72% da área total queimada derivada do produto.

Figura 6 - Área queimada acumulada segundo dados do MODIS (MCD64A1).

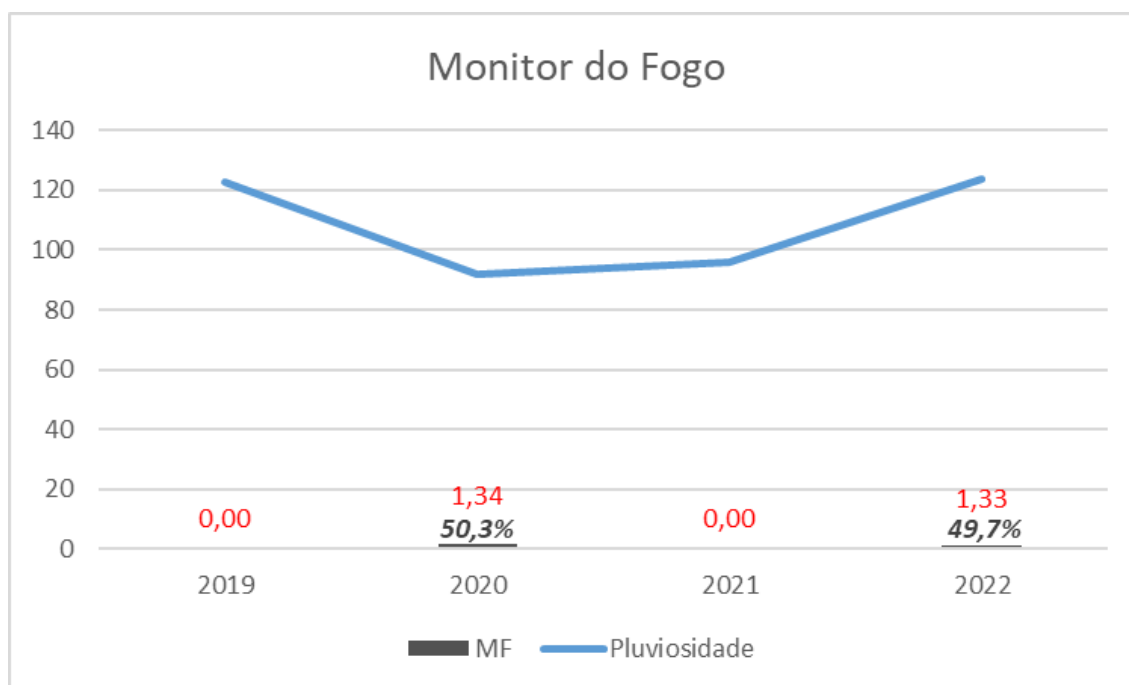


Legenda: Os números coloridos representam a média da área anual queimada (ha), os números dentro das barras representam a porcentagem de área queimada durante os anos, o eixo x é referente ao ano e ao produto, o eixo y demonstra as áreas queimadas em ha e o mm correspondente a pluviosidade. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.2.4 Variação espaço-temporal das áreas queimadas adquiridas pelo MapBiomas (Monitor do Fogo).

Os resultados do Monitor do Fogo estão disponíveis a partir do ano de 2019, na área de estudo foram registradas cicatrizes de áreas queimadas apenas para os anos de 2020 e 2022, ao total foram constatadas apenas 2 cicatrizes de queima, que representam 0,12% da área total da FEENA, correspondendo a 2,6 ha (figura 7). A média aferida ao longo do período analisado foi de 0,66 ha, com desvio padrão de 0,77 ha.

Figura 7 - Área queimada acumulada segundo dados MapBiomas (Monitor do Fogo).



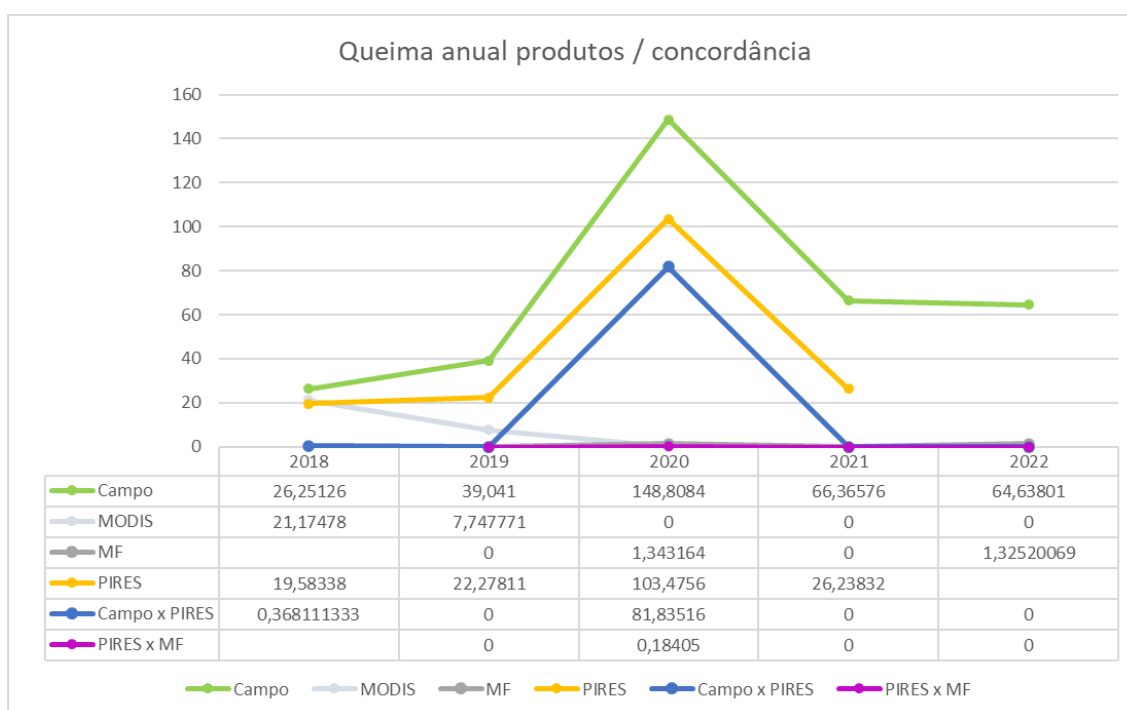
Legenda: Os números coloridos representam a média da área anual queimada (ha), os números dentro das barras representam a porcentagem de área queimada durante os anos, o eixo x é referente ao ano e ao produto, o eixo y demonstra as áreas queimadas em ha e o mm correspondente a pluviosidade. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.3 Variação espaço-temporal da concordância entre os produtos.

A concordância entre os produtos ocorreu somente nos dados de Campo x PIRES, e PIRES x Monitor do fogo (figura 8). Os resultados aferiram

que Campo x PIREs concordaram entre si somente nos anos de 2018 e 2020, segundo a concordância desses dois produtos a área queimada foi de 82,2 ha, que corresponde a 15,9% da área queimada pelos dois produtos. Já a concordância de PIREs x Monitor do Fogo ocorreu somente no ano de 2020, onde ambos concordam que apenas 0,18 ha foram queimados, valor que corresponde a 0,11% da área queimada segundo a soma dos produtos (figura 8).

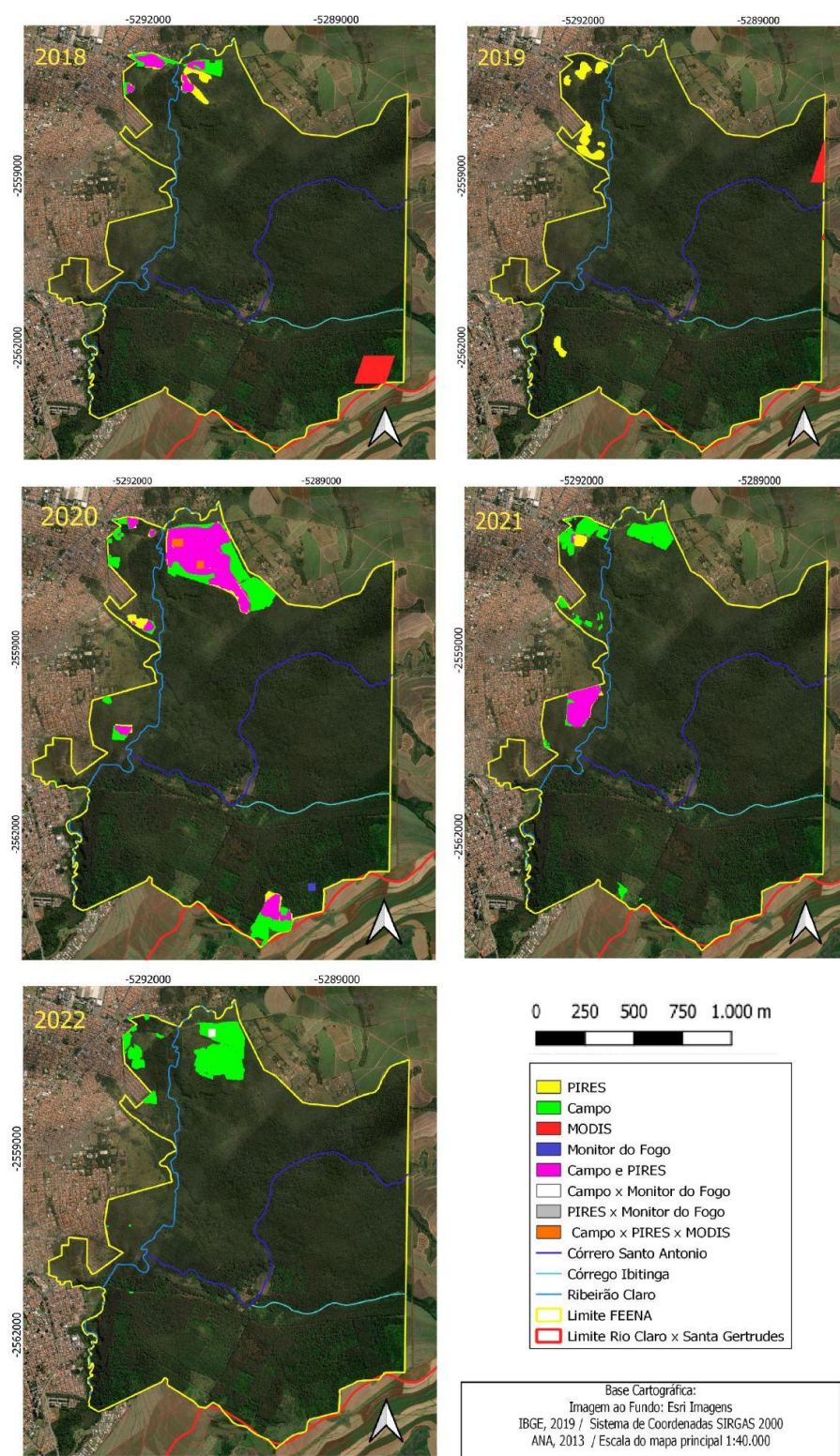
Figura 8 - Concordância entre as áreas queimadas.



Legenda: O eixo x corresponde aos produtos com referência anual, o eixo y corresponde a área queimada em ha. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O resultado mapeamento das cicatrizes de queima (figura 9) aponta as áreas queimadas pelos quatro produtos e também quatro concordâncias, Campo x Pires, Campo x Monitor do Fogo, PIREs x Monitor do Fogo, Campo x PIREs x MODIS, todos os mapas foram disponibilizados de forma isolada e encontram-se disponíveis nos anexos (anexo 4,5,6,7,8).

Figura 9 - Mapas de Localização de áreas queimadas por concordância, . Imagem de fundo Esri Imagery 2022.

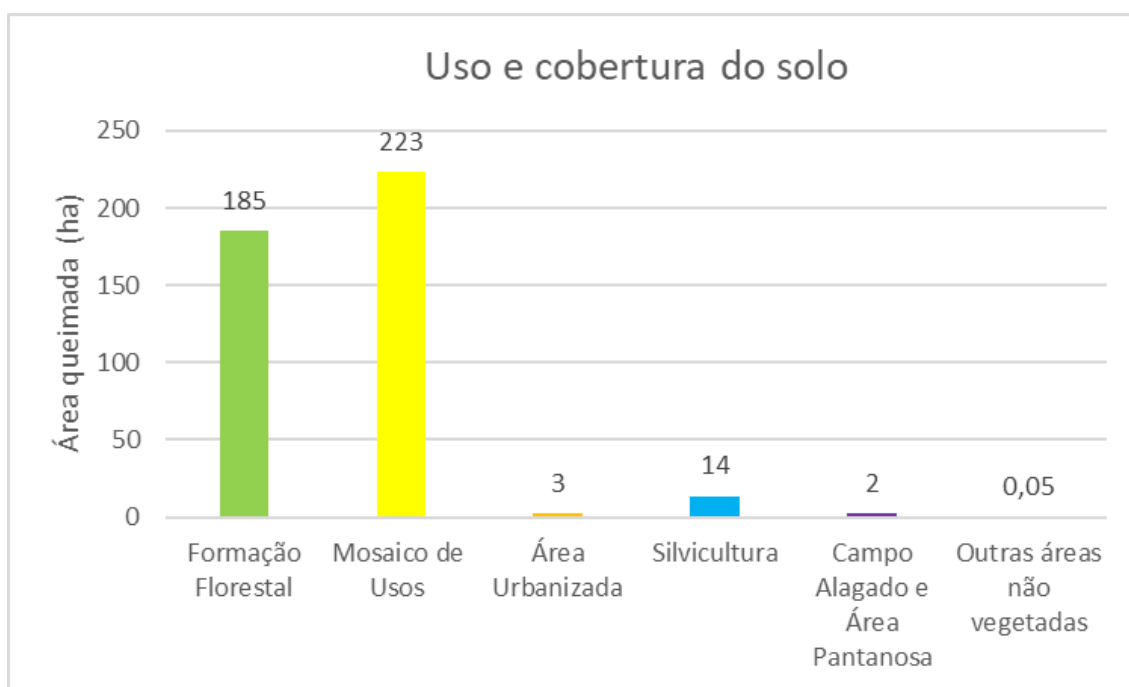


Legenda: Os mapas também estão disponíveis isoladamente nos anexos, não há dados de cicatrizes de queima para o ano de 2019 (somente suas estatísticas).

3.4 Áreas queimadas segundo dados de Uso e Ocupação de solo do MapBiomas coleção 7

Segundo os dados de Uso e Cobertura do solo da coleção 7 do MapBiomas às formações que tiveram influência de queimadas foram às seguintes: Formação Florestal, Mosaico de Usos, Área Urbanizada, Silvicultura, Campo Alagado e Área Pantanosa, e outras Áreas não vegetadas. Dentre as formações queimadas, destaca-se às áreas de Formação Florestal onde foram queimados 185 ha e às áreas de Mosaico de Usos com 223 ha queimados (figura 10).

Figura 10 - Área queimada segundo dados de Uso e Cobertura do Solo.



Legenda: Os números acima das barras representam a quantidade de ha queimados.

3.5 Mapeamento dos produtos isolados e por análises de concordância

O mapeamento foi realizado através do Software QGIS, utilizando o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000. Para uma melhor compreensão das imagens e recorte espacial das áreas queimadas na FEENA, o mapeamento das cicatrizes de fogo foram realizados de forma isolada (ano a ano) conforme

às áreas disponibilizadas pelos diferentes produtos e pela concordância entre eles (anexo 2,3,4,5,6). Nota-se uma maior abundância de cicatrizes de fogo nas áreas de proximidade do limite da UC com a cidade, onde, no decorrer dos anos trabalhados se concentra a maior parte das poligonais de queima.

No ano de 2018 concordaram espacialmente entre si somente os produtos derivados de Campo x PIREs, destacado nas áreas que estão com a cor rosa, houve também cicatrizes de fogo provenientes dos dados de Campo, PIREs e MODIS. O mapeamento de 2019 ocorreu de forma diferente, pois não possuíamos os dados em shapefile das áreas queimadas adquiridas em campo e utilizadas como referência, somente os dados estatísticos, então para o ano não houve incidência de dados de referência, foram aferidas apenas cicatrizes de queima provenientes do delineamento manual realizado por Pires, 2022 e pelo MODIS.

O ano de 2020 foi o único a apresentar concordância espacial entre 3 produtos distintos, sendo eles: Campo x PIREs; PIREs x Monitor do Fogo (MF); Campo x PIREs x MODIS. Destaca-se a presença de cicatrizes de queimadas derivadas de todos os produtos estudados no trabalho, o que não ocorreu nos outros anos mapeados. Para o ano de 2021 foram registradas de forma isolada cicatrizes de queima de dois produtos, Campo e PIREs, que também foram os únicos produtos a concordarem entre si espacialmente. O ano de 2022 foi o único representado espacialmente pela concordância entre cicatrizes de queima de Campo x MF, não houve resultados derivados de outros produtos.

4. Discussão

Em ocasiões de queima do sub-bosque como ocorre na FEENA, onde em suma maioria os eventos de incêndios iniciam-se principalmente em áreas com a presença de gramíneas exóticas e áreas circunvizinhas a zona urbana (REIS et al., 2005), a utilização somente das imagens de satélites mostraram-se omissas quanto à área total realmente queimada, os produtos derivados do mapeamento automático do Monitor do Fogo e do MCD64A1 a

bordo da plataforma MODIS, apresentam dificuldades em mapear pequenas áreas queimadas e incêndios de sub-bosque (ALENCAR et al., 2022; PESSÔA et al., 2020), o Monitor do Fogo mapeou 2,6 ha e o MCD64A1 28,9 ha e juntos correspondem a 5,73% da área queimada total. Suas limitações podem estar ligadas às resoluções espaciais e temporais dos produtos, embora a resolução temporal do MCD64A1 (diária) seja excelente, sua resolução espacial (500 m) não contribui para o mapeamento de pequenas áreas e áreas de sub-bosque, o inverso ocorre com o mapeamento do monitor do fogo, onde a resolução espacial do produto é de 30 metros, porém, sua resolução temporal é de 6 dias (ALENCAR et al., 2022).

O mapeamento realizado por PIRES, 2022 via delimitação manual de imagens de satélite registrou 174 ha de áreas queimadas, a concordância desse valor com os demais obtidos pelo produto foi de 47 % e corresponde a 82 ha queimados, sendo esse produto o menos omissos entre os utilizados no trabalho porém, fica evidente que para os casos como o da FEENA o geoprocessamento manual de imagens de satélite para identificação e fiscalização de áreas queimadas demonstra discordância de 53% perante a realidade aferida em campo. Totalizando, às imagens obtidas por satélites resultaram em 206 ha, destes 84,4 % são referentes a PIRES, 2022, 14,2% aos dados do MODIS e 1,31% do MapBiomass. As áreas queimadas obtidas em campo registraram 345 ha, a concordância dos produtos de satélites com os dados de referência foi de 58,8% representados por 203 ha de áreas queimadas. Nota-se que fiscalizações em campo principalmente nos casos de queima de sub-bosque, são de extrema importância para o acompanhamento da evolução e padrão das ocorrências, às imagens obtidas pelos sensores, para casos como o da FEENA.

Outro fator crucial para as queimadas na FEENA foi o limite da UC com a cidade, a maior parte destes incêndios ocorreram em áreas próximas a esse perímetro, dezoito anos depois do lançamento do plano de manejo às grandes áreas com ocorrências de incêndios se mantêm as mesmas. Diversas estratégias para prevenção destes incêndios foram demonstradas no Plano de Manejo (2005), como: a realização de aceiros periódicos, a contratação de uma Brigada de Incêndios e vigilância, estas medidas encontram-se tomadas, e

salienta também que os incêndios iniciam-se em suma maioria em pontos internos da UC, perante esse fator o PM sugere a implementação de cercas ao longo das áreas que sofrem com a constância da queima, para controlar o acesso de pessoas ao interior da UC, essa medida foi tomada porém sabotada, pois a maioria das cercas foram roubadas (REIS et al., 2005), tal reflexo demonstra que a ideia de afastamento não corrobora como uma medida efetiva de prevenção de queimadas.

Nenhuma ação de Educação Ambiental (EA) voltada a temática do fogo é constatada no Plano de Manejo (2005) da FEENA, esta que segundo Soares, 2000 “é a técnica mais eficiente para a prevenção de incêndios florestais, a médio e longos prazos”, pode funcionar como uma boa ferramenta para a diminuição das ocorrências de fogo na UC. No ano de 2022 foram realizadas na FEENA diversas ações de conscientização sobre as problemáticas dos incêndios florestais, como os eventos de “tenda da operação corta fogo” e “passeio ciclístico para conscientização das problemáticas dos incêndios florestais”. Fora da UC, nos limites com maiores ocorrências de fogo, foram realizadas ações de panfletagens, buscando a conscientização dos moradores, todos esses trabalhos foram realizados pela Equipe de Uso Público e Educação Ambiental da FEENA.

Com o objetivo de reduzir a quantidade de áreas queimadas a curto prazo, têm sido adotadas em diversas UCs medidas como a aplicação do Manejo Integrado do Fogo (MIF) juntamente com suas técnicas de queima prescritas. O MIF consiste na queima controlada da vegetação no início da temporada de estiagem, evitando o acúmulo de biomassa e, consequentemente, diminuindo o risco de incêndios posteriores. Tais ações já foram implementadas em outras UCs gerenciadas pela FF, como ocorreu com o projeto piloto de queima prescrita na Estação Ecológica de Jataí, operacionalizado pela Operação Corta Fogo (SEMIL, 2022). Tal ação poderia auxiliar a gestão da UC a minimizar a quantidade de incêndios no local.

Coincidentemente às áreas apontadas com os maiores índices de ocorrências de incêndios (anexo 9) correspondem majoritariamente a áreas de Manejo Florestal (anexo 10), a implementação de um novo plano de manejo

florestal voltado para a conversão dessas áreas, até então destinadas à silvicultura, para Sistemas Agroflorestais Urbanos (SAFs urbanos) pode funcionar como um importante instrumento de EA (KABASHIMA *et al.*, 2009) e potencializar uma aliança entre a sociedade do entorno, que como parceira pode auxiliar este processo de conversão colocando-o em prática junto com a equipe de gestão da UC e outras entidades interessadas. A adoção dessa medida pode trazer benefícios significativos tanto para a redução de ocorrências de incêndios em médio e longo prazo, quanto para a segurança alimentar das populações de baixa renda que residem nessas áreas limítrofes (ARRUDA, 2006). Além disso, a implementação dos SAFs urbanos pode favorecer a diversidade biológica da região e, conseqüentemente, contribuir com os serviços ecossistêmicos (KABASHIMA *et al.*, 2009).

5. Conclusão

A combinação dos diferentes produtos utilizados no trabalho totalizaram 551 ha queimados no perímetro da FEENA, que correspondem a 24,7% do território da UC, deste total, os dados de referência registraram 345 ha (62,6%), o delineamento manual realizado por Pires, 2022 registrou 174 ha (com concordância de 47%), os dados obtidos pelos produtos automáticos demonstraram-se menos compatíveis com os de referência, o MCD64A1 registrou 28 ha (14,2%) e o Monitor do Fogo apenas 2,6 ha (1,31%). No mapeamento não houve concordância espacial entre todos os produtos utilizados, porém obtivemos as seguintes combinações: Campo x Pires, Campo x Monitor do Fogo, Campo x Pires x MODIS. Embora a área total queimada aferida seja 551 ha, muitas destas áreas foram queimadas mais de uma vez, à área total queimada apenas uma vez é de 253 ha, valor que corresponde a 11% do território da FEENA.

O ano com mais ocorrências de queimadas foi o de 2020, totalizando 251 ha (45%), os meses correspondentes ao período de estiagem foram os mais queimados sendo o mês de setembro o de maior registro 244 ha (44%). A inclusão dos dados de Uso e Cobertura da Coleção 7 do Mapbiomas, demonstrou que 185 ha de formações florestais e 223 ha de áreas de mosaicos

de usos foram queimadas, estas áreas conforme o zoneamento da FEENA encontram-se majoritariamente em áreas de manejo florestal que fazem divisa com a malha urbana.

Ambos os produtos derivados de mapeamentos automáticos foram previamente discutidos e validados em diferentes estudos (GIGLIO *et al.*, 2018; ALENCAR *et al.*, 2022). Os resultados obtidos corroboram com as estimativas de que existem desafios na identificação de cicatrizes de queimadas em diferentes tipos de uso e cobertura do solo, especialmente em áreas de sub-bosque e em pequenas regiões. As divergências entre os produtos e os dados de referência, observadas na análise de concordância, reforçam essas estimativas e evidenciam que para casos como o da FEENA, os produtos de mapeamento automáticos e/ou geoprocessados manualmente mostram-se pouco assertivos perante a realidade, com isso tornam-se ferramentas pouco eficazes para auxiliar a gestão da UC perante às fiscalizações de áreas queimadas.

Referências

- ALENCAR, A.A.C. et al. Long-Term Landsat-Based Monthly Burned Area Dataset for the Brazilian Biomes Using Deep Learning. **Remote Sensing**, v.14, n.11, 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14112510>
- ALVARADO, S. T. et al. Drivers of fire occurrence in a mountainous Brazilian cerrado savanna: Tracking long-term fire regimes using remote sensing. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 78, p. 270-281, jul. 2017.
- ALVES, D.B; ALVARADO, S.T. Variação espaço-temporal da ocorrência do fogo nos biomas brasileiros com base na análise de produtos de sensoriamento remoto. **Geografia**, v. 44, n.2, p. 321-345, 2019.
- ARAÚJO, F.M. Mapeamento de áreas queimadas no bioma cerrado a partir de dados MODIS MCD45A1. **Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás**. Goiânia. p. 103. 2010.
- ARRUDA, J. Agricultura urbana e peri-urbana em Campinas/sp: análise do Programa de Hortas Comunitárias como subsídio para políticas públicas. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP**. Campinas. p. 147. 2006.
- AVENZA MAPS. Disponível em: <https://www.avenzamaps.com>. Acesso em: 16 de março de 2023.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 16 de março de 2023.
- BROWN, K.P; FREITAS, A.J.L. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 934-956, 2000.
- COLLINS, M. *The last rain forests: A world conservation atlas*. London, England: Oxford University Press, 1990.
- CONCIANI, D. E. et al. Human-climate interactions shape fire regimes in the Cerrado of São Paulo state, Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 61, n. April, p. 126006, 2021.
- COSTA, E. P. et al. Incêndios florestais no entorno de unidades de conservação - estudo de caso na Estação Ecológica de Águas emendadas,

Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 195-206, abr.-jun. 2009.

DA FONSECA, G. A .B. The vanishing brazilian atlantic forest. **Biological conservation**, v. 34, n. 1, p. 17-34, 1985.

DACANAL, C. et al. A Floresta Estadual "Edmundo Navarro de Andrade" um estudo de percepção ambiental e recursos paisagísticos. 2002. Monografia de conclusão de disciplina (Percepção Ambiental e Recursos Paisagísticos) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2002.

DANTAS. M. S. et al. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, n. 1, p. 87- 97, 2017.

DEAN, W. *With broadax and firebrand: the destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. Univ of California Press, 1997.

ESA. Sentinel-2 User Handbook. Disponível em: https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook. Acesso em: 14 mar. 2023.

Exemplo: IUCN. Red List of Threatened Species. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 03 abr. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization. *Fire management: global assessment 2006*. FAO (FAO Forestry Paper 151), Roma, p. 136, 2007. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-a0969e.pdf>. Acesso em: 10/10/2022.

FRANKE, J. et al. Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 217, p. 221-232, ago. 2018.

GIGLIO, L. et al. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, n. July, p.72-85, 2018.

GORELICK, N. *et al.*: Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p.19-27, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

HANSKI, I. A pratical model of metapopulation dynamics. **Journal of Animal Ecology**. v. 63, p. 151-162, 1994.

JOLY, C.A., METZGER, J.P, TABARELLI, M.Experiences from the Brazilian Atlantic Forest:ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204 p.459–473, 2014.

KABASHIMA, Y. Sistemas Agroflorestais em Áreas Urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. v. 4, n. 3, 2009.

LAURANCE, W. F. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1137, 2009.

MACHI, D.A; CUNHA, C.M.L. Análise do relevo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (Rio Claro-SP) e circunvizinhanças: subsídio para a avaliação da área de entorno. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference of Geomorphology, 2006, Goiânia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: Processos, Métodos e Técnicas. Goiânia: Universidade Federal de Goiânia, v. 1. p. 1-11, 2006.

MAPBIOMAS. MapBiomas Monitor de Fogo. Disponível em: <https://mapbiomas.org/monitor-de-fogo>. Acesso em: 14 mar. 2023.

MARTINI, A. O Plantador de Eucalipto:A questão da Preservação Florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade. p. 320, 2004. Dissertação (Mestrado em História) -Faculdade de filosofia, letras, ciências humanas-Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELCHIORRE, A; BOSCHETTI, L. Global Analysis of Burned Area Persistence Time with MODIS Data. **Remote Sensing**, v.10, n. 5, p.1-32, may. 2018. <https://doi.org/10.3390/rs10050750>

MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A.; CONTE, C. E. *Revisões em Zoologia: Mata Atlântica*. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2017.

MOUILLOT, F. et al. Ten years of global burned area products from spaceborne remote sensing- A review: Analysis of user needs and recommendations for future developments. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 26, n. 1, p. 64-79, 2014.

MURCIA , C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v.10, n. 2,p. 58-62, 1995.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 468, n. 7326, p. 895, 2010.

NASA. Landsat Science. Disponível em: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-science>. Acesso em: 14 mar. 2023.

Pereira, J. M. C. A comparative evaluation of NOAA/AVHRR vegetation indexes for burned surface detection and mapping. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v. 37, n. 1, p. 217-226, 1999.

PESSÔA, A ,C, M. et al. Intercomparison of Burned Area Products and Its Implication for Carbon Emission Estimations in the Amazon. **Remote Sensing**, v. 12, n. 23, nov. 2020.

PIRES, E, S. Reconstrução do Histórico de Áreas Queimadas na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” e seu entorno. 2022. Monografia de conclusão de curso, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP- Rio Claro, p.90, 2022.

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil’s catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021.

Projeto MapBiomias- Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, Acessado em: 8 de março de 2023 através do link: [https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-15.072124%2C-51.459961%2C4&timelineLimitsRange=1985%2C2021&baseParams\[territoryType\]=1&baseParams\[territories\]=1%3BBrazil%3B1%3BPa%3C%ADs%3B0%3B0%3B0%3B0&baseParams\[activeClassesLevelsListItems\]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=100&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2021&mapPosition=-15.072124%2C-51.459961%2C4&timelineLimitsRange=1985%2C2021&baseParams[territoryType]=1&baseParams[territories]=1%3BBrazil%3B1%3BPa%3C%ADs%3B0%3B0%3B0%3B0&baseParams[activeClassesLevelsListItems]=1%2C7%2C8%2C9%2C10%2C2%2C11%2C12%2C13%2C14%2C15%2C16%2C3%2C17%2C18%2C27%2C37%2C38%2C39%2C40%2C41%2C28%2C42%2C43%2C44%2C19%2C20%2C4%2C21%2C22%2C23%2C24%2C5%2C25%2C26%2C6)

RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 385-403, 1998.

REIS, C. M; ZANCHETTA, D; FACHIN, H. C. Plano de Manejo de Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade. Rio Claro, p. 329, 2005. Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade.

REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

RIBEIRO, M.C et al. The Brazilian Atlantic forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: FE Zachos, JC Habel, eds. *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Berlin, **Germany: Springer-Verlag**, p. 405– 434, 2011.

SANSEVERO, J. B. B. et al. Past land-use and ecological resilience in a lowland Brazilian Atlantic Forest: implications for passive restoration. **New Forests**, v. 48, n. 5, p. 573–586, 2017.

SANTOS, L. D. et al. Dinâmica no desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 378-402, jul/set. 2020.

SÃO PAULO. Decreto Nº , 46.819, de 11 de junho de 2002. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2002/decreto-46819-11.06.2002.html>.

SCHMERBECK, J.; FIENER, P. Wildfires, Ecosystem Services, and Biodiversity in Tropical Dry Forest in India. **Environmental Management**, v. 56, n. 2, p. 355–372, 2015.

SEMIL. Operação Corta - Fogo. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cortafogo/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SILVA, J.M.C; SOUSA, M.C; CASTELETTI, C.H.M. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13 p. 85– 92, 2004.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, v. 30, n. 1/2, p. 11-21, 2000.

SOS Mata Atlântica & INPE. Relatório anual 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>. Acesso em: 10/10/2022

SOUZA, C.R. et al. **Estudo bibliométrico sobre a identificação de áreas mineradas utilizando Google Earth Engine**. in: anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos. Anais eletrônicos: São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/estudo-bibliometrico-sobre-a-identificacao-de-areas-mineradas-utilizando-google-earth-engine>> Acesso em: 14 de março de 2023.

TORRES, F. et al. Risk mapping of fires in vegetation in the Serra do Brigadeiro State Park (MG) and Surroundings. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, p. 1–9, 2017.

WATSON, P.F; PETRIE, A. Method agreement analysis: A review of correct methodology. **Theriogenology**, v. 73, n.9, p.1167-1179, 2010.

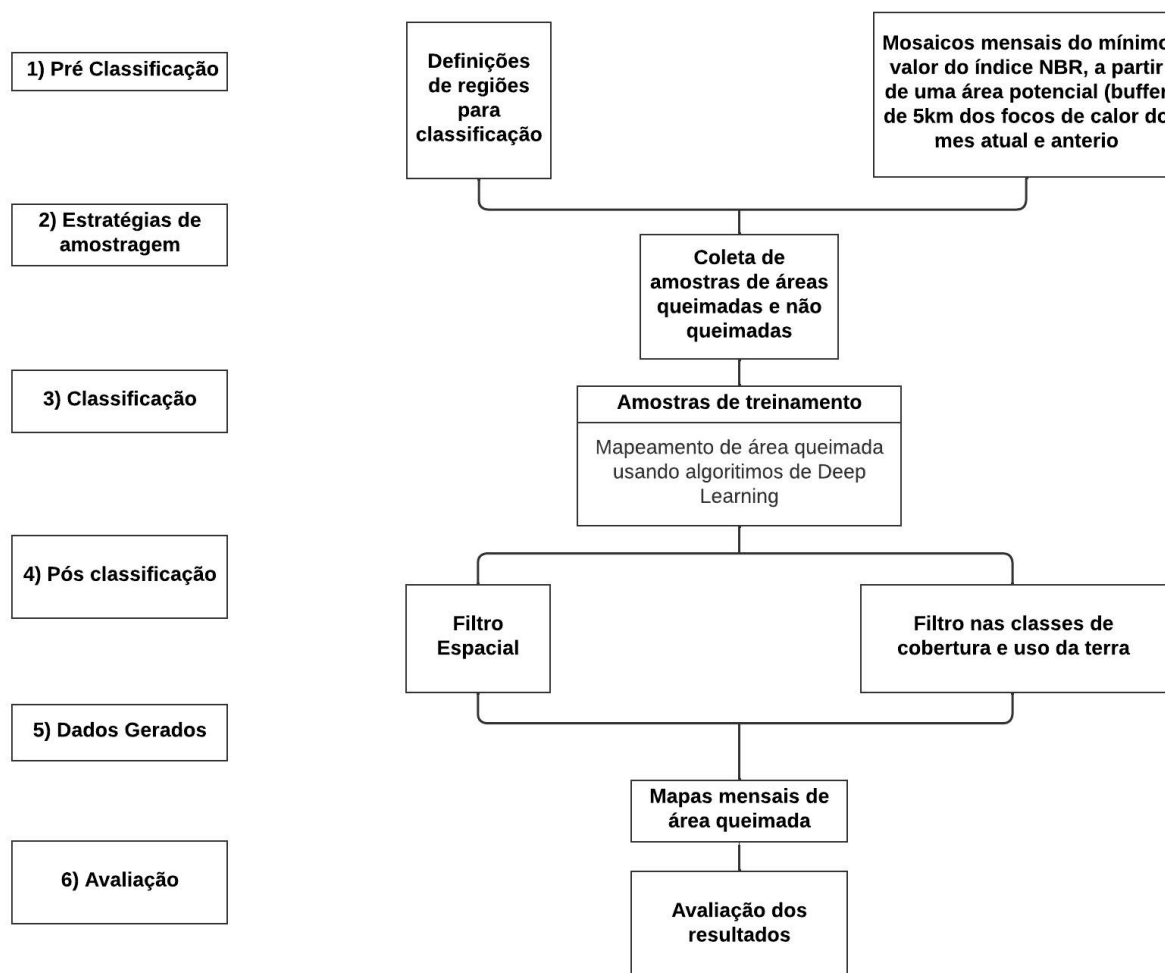
ZAMPIN, I.C.; RIBEIRO, S. L. A pressão urbana nas bordas da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, em Rio Claro (SP). **Revista Gestão em Foco**, v. 9, p. 193-210, 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Código para gerar as imagens dos produtos através da plataforma Google Earth Engine (GEE) para o perímetro da FEENA:

<https://code.earthengine.google.com/ce86583bf6be522c0dc3017e6c6a5cfd>

Anexo 2. Etapas do processamento das imagens de sensoriamento remoto pelo produto Monitor do Fogo. Adaptado de MapBiomas coleção 7.



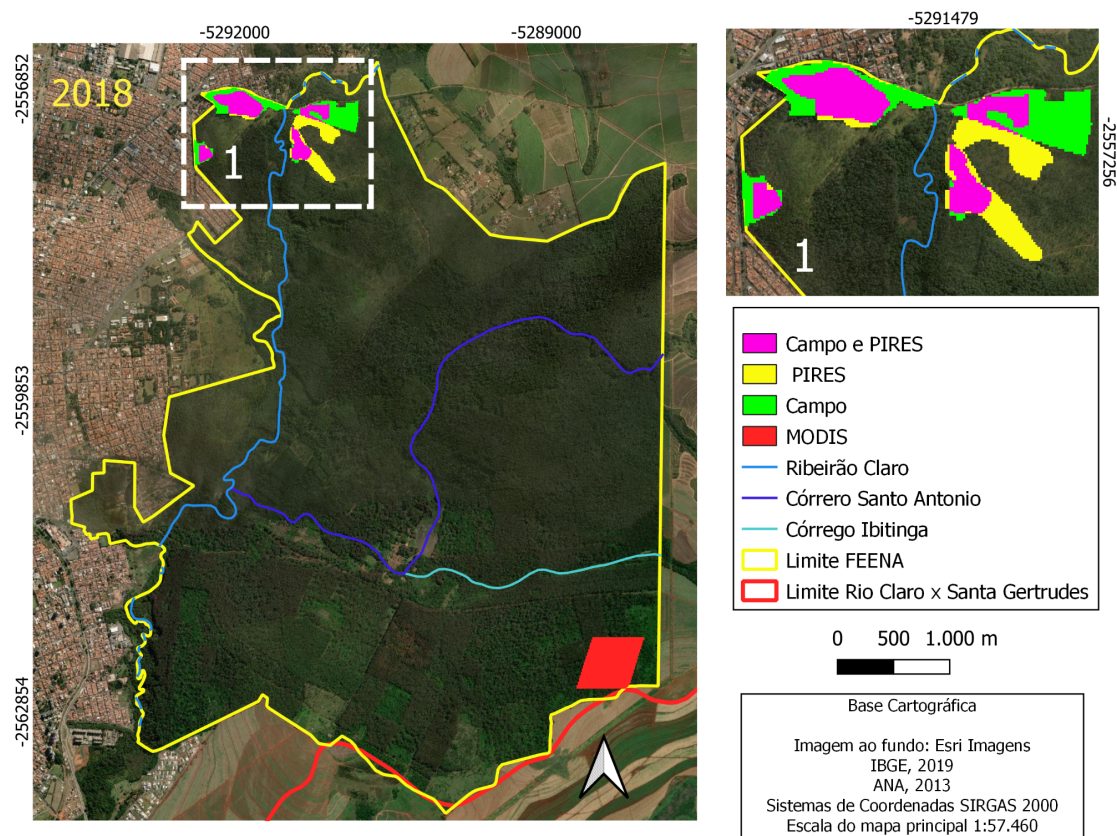
Fonte: Adaptado de MapBiomas coleção 7, elaborado pelo autor (2023).

Anexo 3. Classificação do uso e ocupação do solo do MapBiomas coleção 7, adaptado de MapBiomas, 2022.

COLEÇÃO 7- CLASSES	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
1. Floresta	1
1.1. Formação Florestal	3
1.2. Formação Savânica	4
1.3. Mangue	5
1.4. Restinga Arborizada	49
2. Formação Natural não Florestal	10
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	11
2.2. Formação Campestre	12
2.3. Apicum	32
2.4. Afloramento Rochoso	29
2.5. Restinga Herbácea	50
2.6. Outras Formações não Florestais	13
3. Agropecuária	14
3.1. Pastagem	15
3.2. Agricultura	18
3.2.1. Lavoura Temporária	19
3.2.1.1. Soja	39
3.2.1.2. Cana	20
3.2.1.3. Arroz (beta)	40
3.2.1.4. Algodão (beta)	62
3.2.1.5. Outras lavouras temporárias	41
3.2.2. Lavoura Perene	36
3.2.2.1. Café	46
3.2.2.2. Citrus	47
3.2.2.3. Outras Lavouras Perenes	48
3.3. Silvicultura	9
3.4. Moisaico de Usos	21
4. Área não Vegetada	22
4.1. Praia, Duna e Areal	23
4.2. Área Urbanizada	24
4.3. Mineração	30
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	25
5. Corpo d-água	26
5.1. Rio, Lago e Oceano	33
5.2. Aquicultura	31
6. Não Observado	27

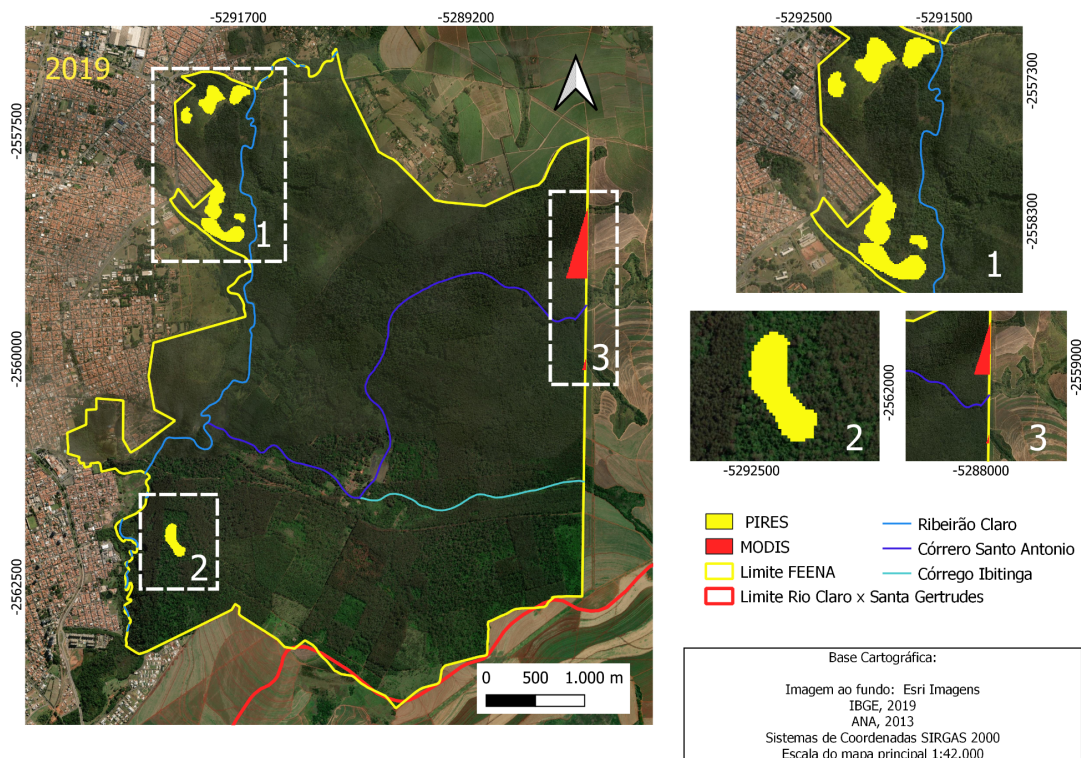
Fonte: Adaptado de MapBiomas coleção 7, elaborado pelo autor (2023).

Anexo 4. Mapeamento de áreas queimadas de 2018, Imagem de fundo
Esri Imagery 2022.



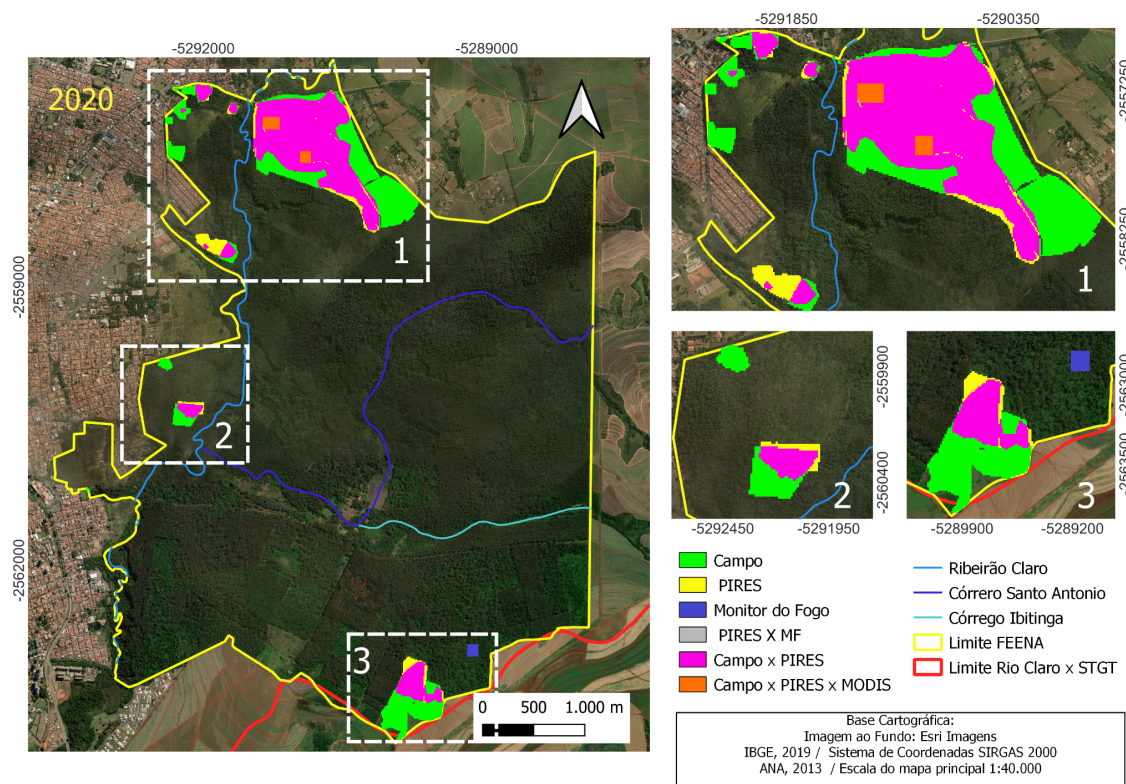
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Anexo 5. Mapeamento de áreas queimadas de 2019, Imagem de fundo Esri Imagery 2022



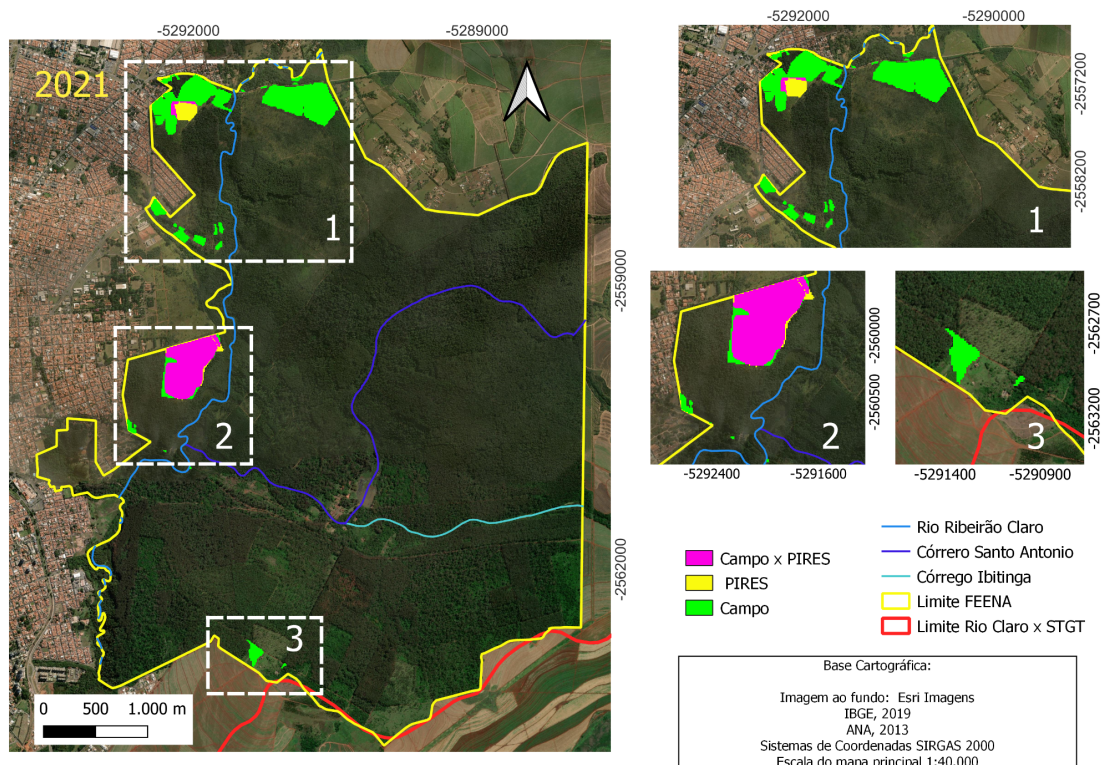
Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

Anexo 6. Mapeamento de áreas queimadas de 2020, Imagem de fundo Esri Imagery 2022



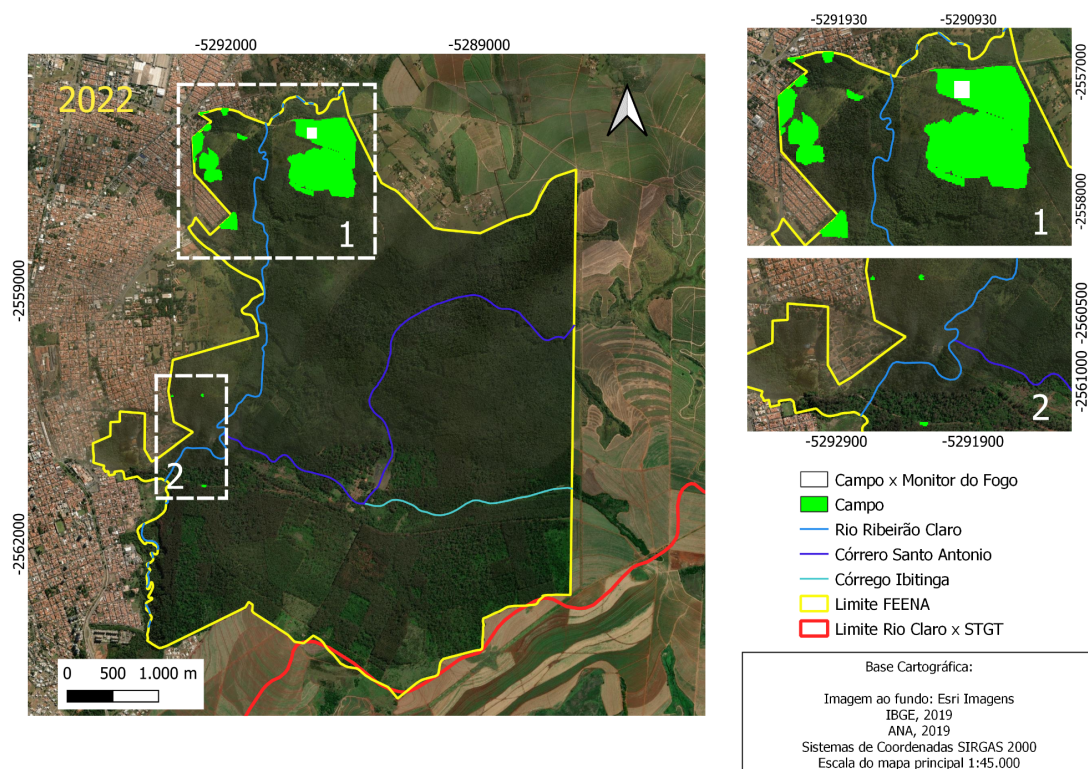
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Anexo 7. Mapeamento de áreas queimadas de 2021, Imagem de fundo Esri Imagery 2022



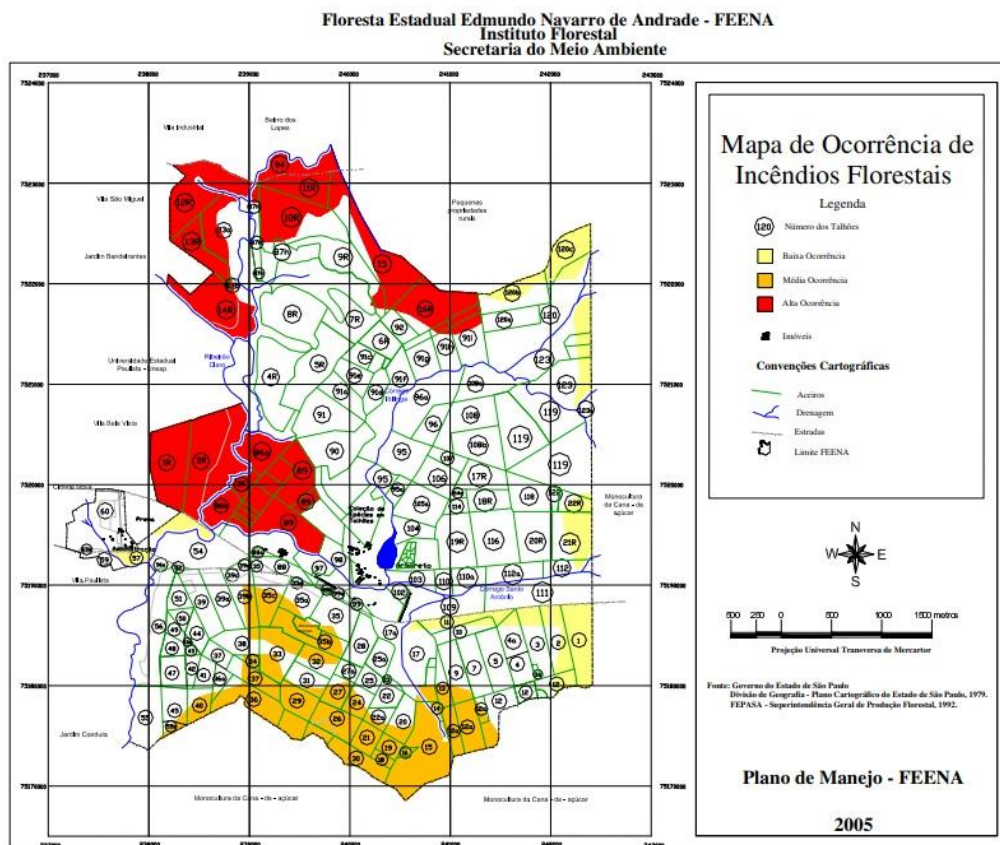
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Anexo 8. Mapeamento de áreas queimadas de 2022, Imagem de fundo Esri Imagery 2022.



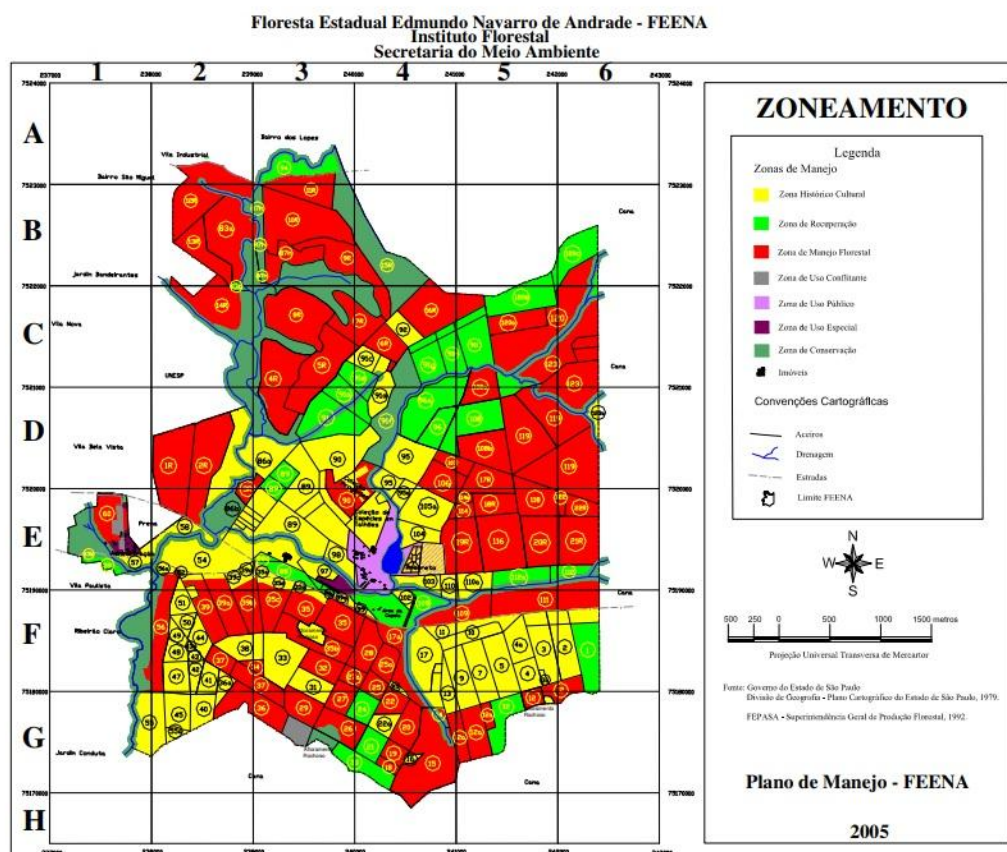
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Anexo 9. Mapa de ocorrência de incêndios florestais na FEENA.



Fonte: REIS *et al.*, (2005)

Anexo 10. Zoneamento da FEENA.



Fonte: REIS, *et al.*, (2005).