

Trabalho de Graduação
Curso de Graduação em Geografia

RECONSTRUÇÃO DO HISTÓRICO DE ÁREAS QUEIMADAS NA FLORESTA
ESTADUAL "EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE" E SEU ENTORNO

Enrique Santana Pires

Prof. Dr. Diego Corrêa Maia

Mr. Dhemerson Estevão Conciani

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

ENRIQUE SANTANA PIRES

RECONSTRUÇÃO DO HISTÓRICO DE ÁREAS
QUEIMADAS NA FLORESTA ESTADUAL “EDMUNDO
NAVARRO DE ANDRADE” E SEU ENTORNO

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel e Licenciado em Geografia.

Rio Claro - SP

2022

P667r

Pires, Enrique Santana

Reconstrução do histórico de áreas queimadas na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” e seu entorno / Enrique Santana Pires. -- Rio Claro, 2022

80 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Geografia) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio
Claro

Orientador: Diego Corrêa Maia

Coorientador: Dhemerson Estevão Conciani

1. Landsat. 2. regime de queimas. 3. sensoriamento remoto. 4. Unidade de
Conservação. 5. zona de amortecimento. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

ENRIQUE SANTANA PIRES

RECONSTRUÇÃO DO HISTÓRICO DE ÁREAS
QUEIMADAS NA FLORESTA ESTADUAL “EDMUNDO
NAVARRO DE ANDRADE” E SEU ENTORNO

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel e Licenciado em
Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Diego Corrêa Maia (orientador)

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci

Rio Claro, 21 de dezembro de 2022.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

A entrega deste trabalho simboliza o fim de um ciclo, período que estive acompanhado dos meus familiares e amigos. Desta forma, primeiramente gostaria de agradecer a minha família que sempre esteve comigo em todos os momentos, principalmente a minha mãe, que nunca mediu esforços para me proporcionar uma educação de qualidade, além de todo o seu carinho, estando do meu lado em diferentes etapas.

Apesar da distância que o tempo impõe, mas não separa, agradeço aos meus queridos amigos dos tempos de escola: João Gustavo, Wendel Ferraz, Vinícios Magalhães, Giovana Garcia, Leticia Cintra, Gabriella Freschi, Camilla Contieiro, Duda Ferraz, Thaynara Cortinhas, Adriane Ribeiro, Lucas Rampazzo, Yasmin Eloisa, Adriano Jr. e Samuel Renato.

Agradeço a Unesp por ter me proporcionado diversas oportunidades ao longo de seis anos nesta instituição, me permitindo conhecer novas pessoas, cidades, estados, pensamentos, e visões de mundo. Agradeço aos diferentes grupos que tive o prazer de integrar, como o Café Geográfico, CAEGE, Núcleo de Ensino, PET Geografia, Circunesp, e sobretudo a Geoplan Jr., espaço este que me fez me encontrar dentro da Geografia, além de me permitir conhecer pessoas incríveis. Meu infinito obrigado a Aline Ribeiro, Caio Bernardo, Grazielle Lima, Marina Jacob, Larissa Kimura, Rodrigo Campos, Rodrigo Matos, Vinicius Oliveira, Ana Júlia, Pedro Leal, Pedro Lorota, Matheus Gonçalves, Fernando de Moraes, Mariane Permanhani, Samuel Andrade, e Juliane Modesto.

Meu muito obrigado a Dhemerson Conciani, que aceitou me coorientador neste trabalho, sempre se mostrando solícito desde o primeiro contato, tirando minhas infinitas dúvidas, e que foi determinante para a realização desta pesquisa. Também agradeço ao Professor Diego Maia, que aceitou o desafio de orientar este trabalho, além de ser um grande docente, sempre preocupado com os seus estudantes, e o curso de Geografia da Unesp Rio Claro.

Também agradeço a Leonardo Praxedes, Giovanni Patarello, Yuri Napoleão, Sérgio Christofolletti, Estevão Stefanuto e Amanda Trovo (minha grande amiga), por despender seu tempo para contribuir com a escrita deste trabalho, através do fornecimento de materiais e sugestões. Também agradeço a Carlo Burigo, pela disponibilização dos dados meteorológicos da Estação Meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA/IGCE/UNESP), para o período analisado.

Nenhum homem é uma ilha isolada
(John Donne).

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi reconstruir o regime de queimas na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), e no seu entorno (7 km), entre os anos 2000 a 2021. Devido à importância histórica, cultural, científica e turística para o Estado de São Paulo, e por abrigar significativos remanescentes de Mata Atlântica e Cerrado em seu sub-bosque, em 11 de junho de 2002, pelo decreto nº 46.819, a área foi transformada em Floresta Estadual - uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável. Um dos principais vetores de degradação nesta UC é a recorrência de incêndios tanto no entorno quanto no interior da mesma. Utilizando 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*, foram mapeadas as cicatrizes de áreas queimadas no período estabelecido. Esperava-se que por ser uma UC majoritariamente florestal e com alta restrição ao uso do fogo, esta apresentaria menor área queimada em relação ao seu entorno, porém a área queimada na FEENA foi 5,3% superior ao seu entorno, além de apresentar padrões espaço-temporais semelhantes, como, por exemplo, o pico de queimadas nos meses de agosto-setembro e a concentração de área queimada próxima às estradas. Desta forma, concluímos que o regime de fogo da FEENA é determinado pelo uso da terra em seu entorno, de modo que há de se considerar os aspectos sociais no planejamento de novas políticas de conservação, com a integração entre órgãos estaduais, municipais, e a sociedade.

Palavras-chave: *Landsat*, regime de queimas, sensoriamento remoto, Unidade de Conservação, zona de amortecimento.

ABSTRACT

The main objective of this work was to reconstruct the fire regime in the “Edmundo Navarro de Andrade” State Forest (FEENA), and in its surroundings (7 km), between the years 2000 to 2021. Due to the historical, cultural, scientific and tourist importance for the State of São Paulo, and for harboring significant remnants of Atlantic Forest and Cerrado in its understory, on June 11, 2002, by decree n° 46,819, the area was transformed into a State Forest - a Conservation Unit (UC) of Use Sustainable. One of the main vectors of degradation in this UC is the recurrence of fires both in the surroundings and inside it. Using orbital images from Landsat 5's Thematic Mapper (TM), Landsat 7's Enhanced Thematic Mapper+ (ETM+) and Landsat 8's Operational Land Imager (OLI), were mapped the scars of burned areas in the established period. It was expected that, as it is a UC mostly forest and with high restrictions on the use of fire, it would have a smaller area burned in relation to its surroundings, but the burned area in FEENA was 5.3% higher than its surroundings, in addition to presenting patterns similar spatio-temporal, such as, for example, the peak of fires in the months of August-September and the concentration of burned area close to the roads. In this way, we conclude that the FEENA fire regime is determined by the use of the land in its surroundings, so that social aspects must be considered in the planning of new conservation policies, with the integration between state and municipal bodies, and the society.

Keywords: *Landsat*, burning regime, remote sensing, Conservation Unit, buffer zone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	14
Figura 2 – Média de pluviosidade e temperatura de Rio Claro no período analisado (2000 - 2021).....	16
Figura 3 – Mapa de declividade da área de estudo.....	18
Figura 4 – Uso e cobertura da terra na área de estudo (2000 - 2020).....	23
Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra na área de estudo (2000 - 2020).....	24
Figura 6 – Espaço territorial do Horto Florestal de Rio Claro em 1916.....	26
Figura 7 – Áreas limítrofes da FEENA com bairros de Rio Claro/SP.....	28
Figura 8 – Mapa de ocorrência de incêndios florestais na FEENA, segundo o Plano de Manejo (2005).....	33
Figura 9 (1) – Chave de fotointerpretação.....	44
Figura 9 (2) – Chave de fotointerpretação.....	45
Figura 10 – Área queimada acumulada por ano (2000 - 2021).....	46
Figura 11 – Área queimada, em relação a área total, por meses e umidade relativa do período (2000 - 2021).....	47
Figura 12 – Mapeamento de áreas queimadas na FEENA (2000 - 2021).....	49
Figura 13 – Mapeamento de áreas queimadas na FEENA (2000 - 2021).....	50
Figura 14 – Área queimada por meses e pluviosidade do período (2000 - 2021).....	51
Figura 15 – Classes queimadas por ano na FEENA (2000 - 2021).....	52
Figura 16 – Classes queimadas por ano no Buffer (2000 - 2021).....	53
Figura 17 – Distância entre centróides de área queimada e vias de acesso na FEENA.....	54
Figura 18 - Distância entre centróides de área queimada e vias de acesso no <i>Buffer</i>	55
Figura 19 - Mapa de calor: Distância entre centróides de queima e vias de acesso na área de estudo.....	56
Figura 20 - Área queimada (ha) de cana-de-açúcar entre 2000 e 2021.....	61
Figura 21 - Expansão da área urbana na área de estudo, entre 2000 e 2021.....	63
Figura 22 - Descarte irregular nas margens da FEENA.....	64
Figura 23 - Área queimada relativa acumulada por anos (2000 - 2021).....	66
Figura 24 - Proposta da Fundação Florestal do Estado de São Paulo para instalação de cercas e portões.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das classes de declividade para a área de estudo.....	17
Tabela 2 – Satélites e bandas espectrais utilizados na pesquisa.....	39
Tabela 3 – Métricas derivadas de sensoriamento remoto usadas para avaliar regimes de fogo.....	41
Tabela 4 - Cronograma para eliminação gradativa do fogo na pré-colheita de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP - Áreas de Preservação Permanente

CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo

CPEF - Companhia Paulista de Estradas de Ferro

ETM+ - Enhanced Thematic Mapper+

FBCN - Fundação Brasileira de Conservação da Natureza

FEENA - Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade

FEPASA - Ferrovia Paulista S. A.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais

MUNIC - Perfil dos Municípios Brasileiros

OLI - Operational Land Imager

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Rio Claro

SIMA/SP - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

TM - Thematic Mapper

UC – Unidade de Conservação

UNESP – Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS.....	14
1.2	Área de estudo.....	14
2.1.1	<i>Dados climáticos.....</i>	15
2.1.2	<i>Geomorfologia.....</i>	16
2.1.3	<i>Geologia.....</i>	18
2.1.4	<i>Hidrografia.....</i>	19
2.1.5	<i>Vegetação.....</i>	20
2.1.6	<i>Uso e cobertura da terra.....</i>	22
2.2	História da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA)...	24
2.3	Histórico e importância da instituição das Unidades de Conservação.....	29
2.4	Conceitos em torno do fogo.....	34
2.5	O Sensoriamento Remoto e o SIG nas pesquisas sobre fogo.....	36
2.6	Metodologia.....	39
2.6.1	<i>Obtenção de imagens de satélite e processamento dos dados.....</i>	39
2.6.2	<i>Chave de fotointerpretação e subsídios para delimitação de cicatrizes.....</i>	41
3	RESULTADOS.....	46
3.1	Variação espaço-temporal do fogo na FEENA e no seu entorno.....	46
3.2	Sazonalidade de queimas.....	51
3.3	Áreas queimadas e uso e ocupação.....	52
3.4	Relação entre vias públicas e áreas queimadas.....	53
4	DISCUSSÃO.....	57
4.1	Sazonalidade do fogo.....	55
4.2	O uso do fogo no entorno da FEENA.....	58
4.3	A pressão da área urbana sobre a FEENA.....	62
4.4	A necessidade de novos caminhos.....	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71

1. INTRODUÇÃO

O fogo faz parte da evolução dos ecossistemas terrestres, remontando ao surgimento das plantas, aproximadamente 420 milhões de anos atrás (SCOTT; GLASSPOOL, 2006; *apud* ALVES; ALVARADO, 2020). Porém, com a expansão do homem sobre o espaço geográfico, este tornou-se o principal elemento na origem das queimadas, “superando as ignições naturais originadas por raios ou outra fonte de calor, e resultando na alteração significativa dos regimes naturais de fogo, principalmente pelo aumento da frequência de queimadas” (GOLDAMMER, 1993; PAUSAS; KEELEY, 2009; *apud* ALVES; ALVARADO, 2019, p. 323).

Como consequência do aumento dessas perturbações, destacam-se os impactos à biodiversidade, a saúde humana, perdas econômicas, além da contribuição para as mudanças climáticas (ARRUDA *et al.*, 2018; FENG, *et al.*, 2021; DE MENDONÇA *et al.*, 2004; MORELLO, 2021; CAMPANHARO *et al.*, 2019; ALENCAR; NEPSTAD.; DEL CARMEN VERA DIAZ, 2006; *apud* ALENCAR *et al.*, 2022). No Brasil, apesar de cada um dos seis biomas apresentarem formas distintas em relação ao fogo, sendo os campestres-savânicos mais e os florestais menos resilientes ao distúrbio, o fogo tem se tornado componente intrínseco aos biomas brasileiros, afetando as formas políticas, econômicas, sociais e culturais (ALENCAR *et al.*, 2022).

Segundo a publicação do Perfil dos municípios brasileiros (MUNIC) 2018 - 2020, “os Municípios são os entes federativos onde os problemas ambientais se tornam mais evidentes aos olhos dos cidadãos” (IBGE, 2021). Assim, a pesquisa apontou que 1789 municípios brasileiros informaram que o principal impacto ambiental sofrido no período foram as queimadas, representando 49,4% dos que responderam à pesquisa (IBGE, 2021, p. 67). As queimadas e os incêndios florestais podem se manifestar nos “mais variados biomas, Unidades de Conservação, áreas de preservação, fazendas, margens de estradas, proximidades de aglomerados urbanos, áreas de reflorestamento, dentre outras localidades” (COSTA *et al.*, 2009).

A Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável com área total de 2.230 hectares estando localizada nos municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, interior do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2002). Devido à importância histórica, cultural, científica e turística para o Estado de São Paulo, em 1977, a área foi tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHATT) (BARTSCH, 2015). Por abrigar

significativos remanescentes de Mata Atlântica e Cerrado em seu sub-bosque, em 11 de junho de 2002, pelo decreto nº 46.819, o Horto Florestal foi transformado em Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, seguindo a Lei Federal nº 9.985, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades (UC) de Conservação da Natureza (SNUC), alçou a área a Unidade de Conservação de Uso Sustentável (REIS *et al.*, 2005). Atualmente, a UC encontra-se sob administração da Fundação Florestal, órgão da Secretaria do Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA-SP).

Segundo dados presentes no Plano de Manejo, 8 km dos 27,2 km (30%) do perímetro FEENA estão em contato direto com a malha urbana; o restante (19 km - 70%) está em áreas de características rurais, ocupadas predominantemente pela cultura canavieira (REIS *et al.*, 2005). Esses números demonstram que a FEENA situa-se em uma “área extremamente pressionada e impactada por atividades decorrentes de ações e interferências antropogênicas” (SANTOS, 2015, p. 23). Dentre essas ações antrópicas enfatizam-se os incêndios, estes que podem ocasionar impactos ambientais para as formações de vegetação nativa da UC. Áreas de plantações de eucalipto, como foi a FEENA, apresentam alto risco de ocorrência de incêndios florestais, devido a disponibilidade de madeira, contínuo depósito de folhas e galhos, além do sub-bosque, que servem como material combustível para essas ocorrências (BORGES *et al.*, 2011).

Como apontado por Gobbo *et al.* (2016, p. 359), os “incêndios florestais em Unidades de Conservação constituem uma grave ameaça à conservação da biodiversidade e à manutenção de processos ecológicos”. Assim, as Unidades de Conservação carecem de um planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais, com “levantamento das causas, da frequência e das consequências do fogo em uma determinada área, entre outros conhecimentos” (FIEDLER; MERLO; MEDEIROS, 2006, p. 154). A análise histórica do fogo pode indicar caminhos para “fundamentar novas medidas, normativas e programas que se relacionam com as atividades de combate e prevenção dos órgãos ambientais competentes” (MARTINS *et al.*, 2020, p. 1559). Desta forma, realizar pesquisas sobre incêndios florestais em Unidades de Conservação é de fundamental importância para auxiliar na redução de danos ocasionados por estas ocorrências.

Assim, nesta pesquisa objetivou-se avaliar a variação espaço-temporal de áreas queimadas e as diferenças entre os padrões de ocorrência do fogo dentro da UC e em seu entorno imediato (7 km), analisando 22 anos (entre 2000 e 2021) de mosaicos provenientes dos satélites *Landsat 5 (TM)*, *7 (ETM+)* e *8 (OLI)* com resolução espacial de 30 x 30 metros, e resolução temporal de 16 dias. Como guia dessa investigação, almejou-se responder às

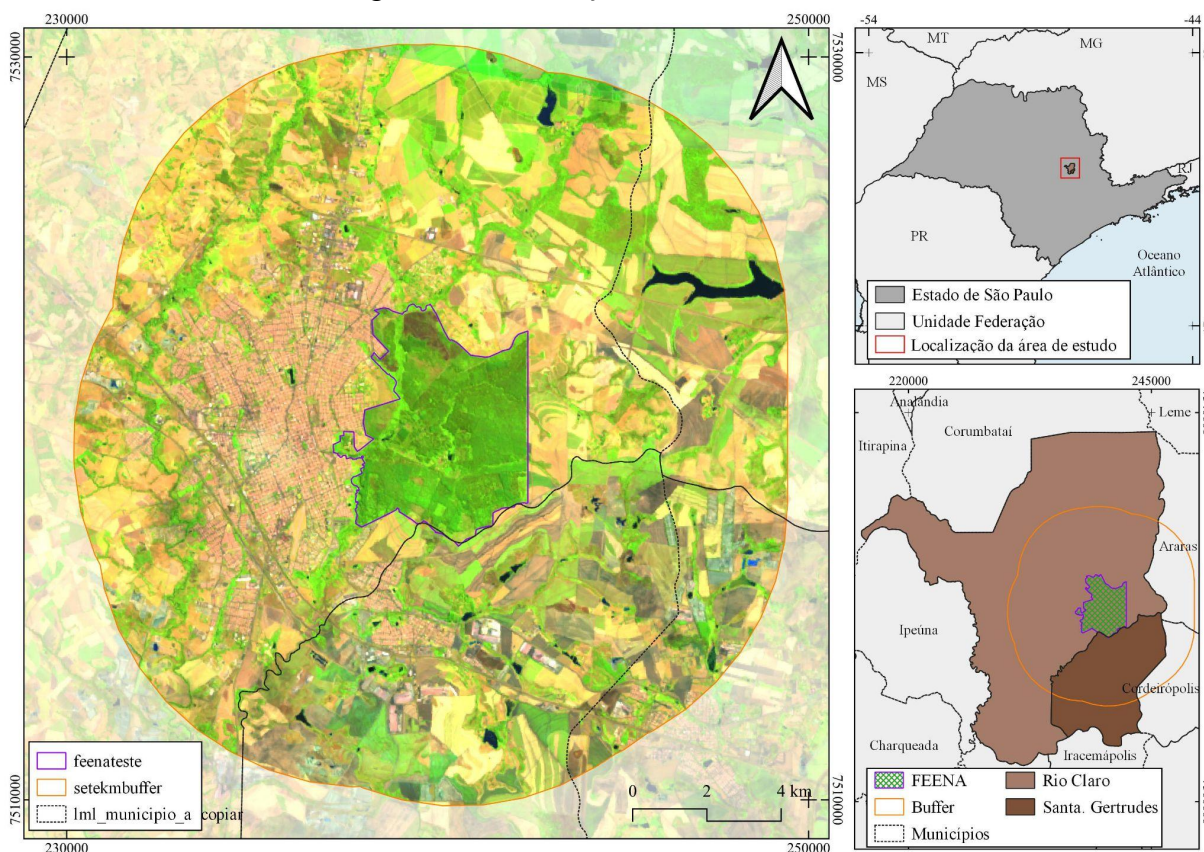
seguintes questões: i) Qual foi a área total queimada na FEENA e no seu entorno ao longo dos últimos 20 anos? ii) Qual o tamanho médio de área queimada por ano? iii) Qual foi o ano mais crítico do ponto de vista de área queimada na UC e no entorno? iv) Qual é a região da UC com maior recorrência do fogo? v) Existe relação entre os padrões de áreas queimadas dentro e fora da UC?

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

2.1 Área de estudo

A Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA) é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável com área de 2.230,53 hectares, localizada no interior de São Paulo, entre os municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes (SÃO PAULO, 2002). Apesar dos documentos oficiais não discriminarem em valores as porções da FEENA que estão presentes em ambos municípios, pode-se observar na figura 1 (tendo como base cartográfica o mapa de municípios do IBGE, 2021), que a UC está predominantemente disposta no município de Rio Claro, fazendo fronteira com o município de Santa Gertrudes.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte dos dados: IBGE, 2021.

Para representar a zona de amortecimento (entorno imediato) foi delimitado um buffer de 7 km ao redor da FEENA, totalizando uma área de 29.779,69 hectares (figura 1). A escolha por se trabalhar com 7 km ocorreu após testes com buffers com distâncias de 5 e 10 km, que acabavam por não abarcar o que se esperava, ou abarcar a dinâmica do fogo em outras áreas urbanas, distantes da FEENA. Vale destacar que a zona de amortecimento utilizada nesta pesquisa não é a mesma presente no Plano de Manejo da FEENA, pois esta não ia de encontro

com o proposto neste trabalho. Esta área compreendeu os municípios de Araras, Cordeirópolis, Rio Claro, e Santa Gertrudes.

2.1.1 Dados climáticos

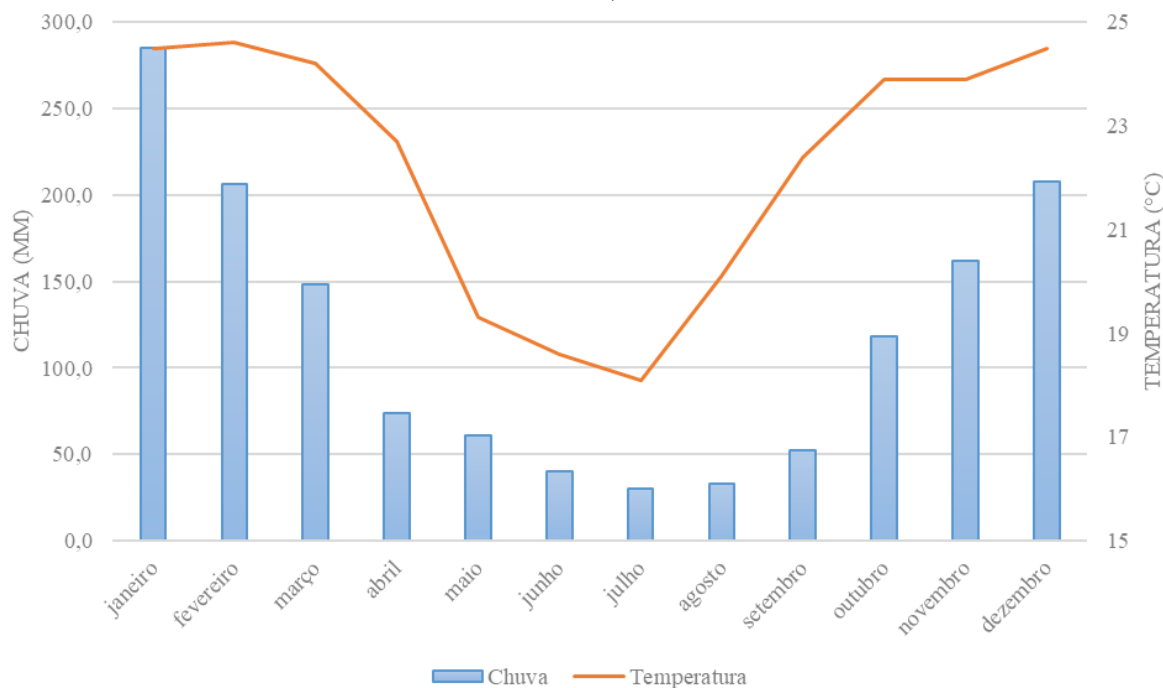
Pela classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, com duas estações bem definidas, sendo: “mesotérmico (com temperatura média do mês mais frio entre $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $18\text{ }^{\circ}\text{C}$) e tropical de altitude (com inverno seco e temperatura média do mês mais quente superior a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$)” (REIS *et al.*, p. 31, 2005).

O regime de chuvas é caracterizado da seguinte forma, pelo Plano de Manejo da FEENA (2005):

influenciado pelas massas Tropical Atlântica e Equatorial Continental, que trazem umidade para o continente. Elevadas temperaturas causam ascensão de ar quente e úmido, ocasionando chuvas. O relevo de cuestas causa chuvas orográficas, também contribuindo à elevada precipitação. No inverno as baixas temperaturas são influenciadas pela massa Polar Atlântica (Monteiro, 1967) (REIS *et al.*, 2005, p. 32).

Com dados 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 (2000 - 2021), a precipitação média anual foi de 1.417 mm. A média mensal para a estação chuvosa foi de 187,9 mm, com máxima pluviosidade de 569,2 mm, em janeiro de 2011, e mínima em outubro de 2014, com 25,2 mm. A média mensal para a estação seca foi de 48,3 mm, com 0 mm, entre junho e agosto, de 2002, 2008, e 2012, com máxima pluviosidade em janeiro de 2015, com 94 mm. Com relação a temperatura, a média entre 2000 a 2021, foi de $22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, tendo a média dos meses mais quente (setembro a abril), de $23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; e para os meses menos quentes (maio a agosto), de $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os dados podem ser melhor visualizados na figura 2.

Figura 2 - Média de pluviosidade e temperatura de Rio Claro no período analisado (2000 - 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do CEAPLA (2022).

2.1.2 Geomorfologia

A área de estudo está localizada na Depressão Periférica Paulista, entre os compartimentos de relevo do Planalto Atlântico (leste) e o Relevo de Cuestas (oeste) (REIS et al., 2005). A Depressão Periférica Paulista é uma unidade geomorfológica com origem no

estabelecimento de uma zona de fraqueza estrutural no contato entre as litologias sedimentares vinculadas à Bacia Sedimentar do Paraná, e pré-cambrianas, associadas ao Planalto Atlântico, à resistência oferecida à erosão pelos derrames basálticos e arenitos silicificados que sustentam o relevo de Cuestas, caracterizados pela existência de altas e extensas escarpas estruturais, bem como a ação das águas oriundas de canais obseqüentes e subseqüentes que escavaram uma grande depressão relativa (Ab'Sáber, 1969), exumando litologias paleozóicas (REIS *et al.*, 2005, p. 33).

Esta unidade geomorfológica é caracterizada como “uma unidade de relevo deprimida, com litologias paleozóicas” (MACHI e CUNHA, 2006, p. 3), apresentando “terrenos fracamente dissecados, de topos tabulares, resultantes do processo erosivo a que foram submetidos” (REIS *et al.*, 2005, p. 33). Sua evolução morfológica está associada à erosão por rios e pelas águas das chuvas, nas bordas de uma bacia de sedimentação, resultando em altitudes que variam entre 550 a 750 metros (REIS *et al.*, 2005).

A declividade pode ser um importante elemento para entender a propagação do fogo, pois “quanto maior o grau de inclinação, maior será a velocidade de propagação e a

intensidade do fogo” (OLIVEIRA, 2002; RIBEIRO; BONFIM, 2000; SANT’ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007; *apud* JORDAIM, 2015, p. 9). Na FEENA, a declividade varia de menor ou igual a 2% a maior ou igual a 30%; tendo como declividades predominantes variando entre as classes de 5 a 10%, 10 a 20% e 20% a 30% (REIS *et al.*, 2005).

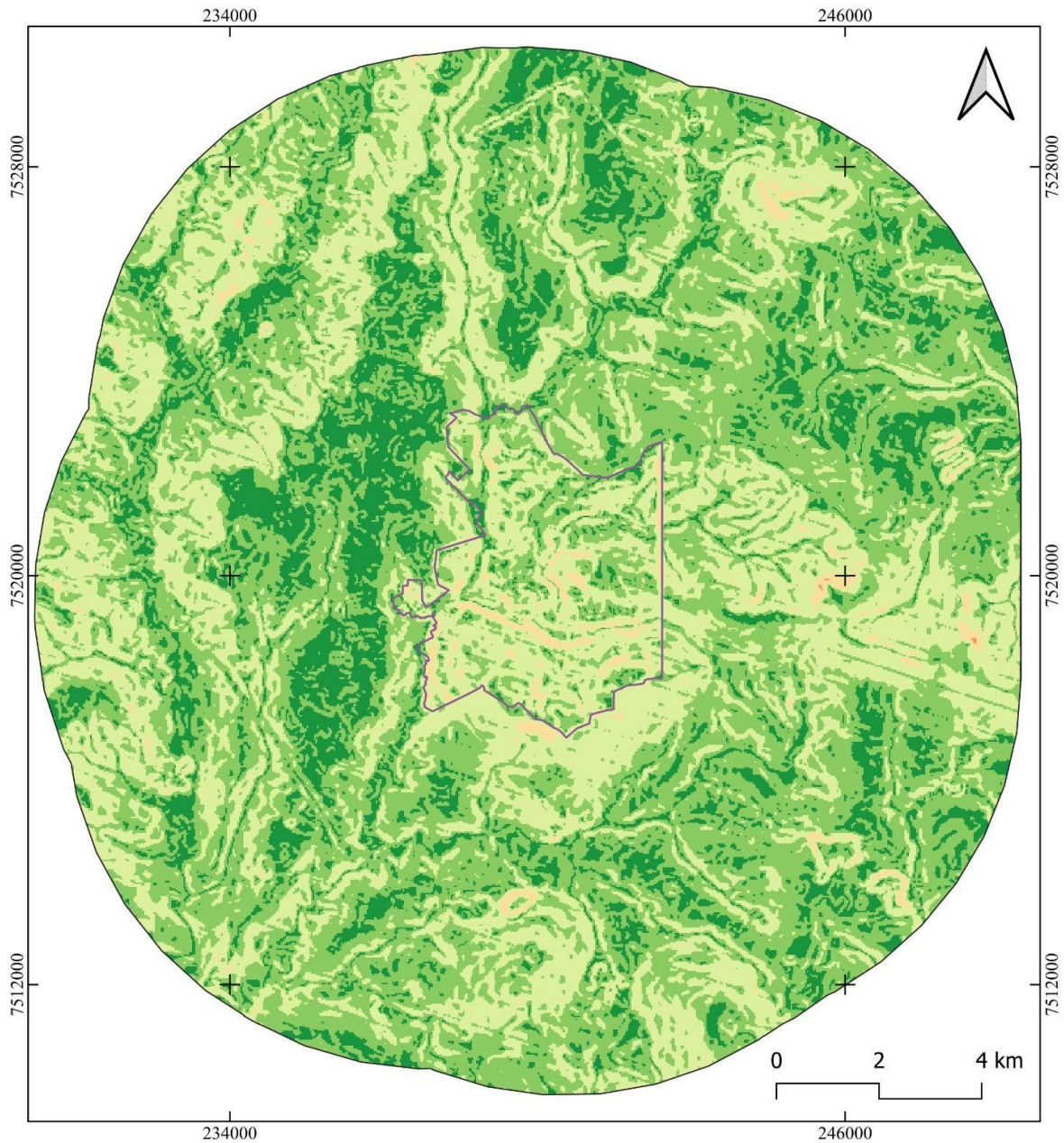
Com base na classificação de declividade, proposta pela EMBRAPA (2006; MENEZES *et al.*, 2014), o terreno pode ser delineado com base em seis classes: Plano (0 – 3%), Suave Ondulado (3 – 8%), Ondulado (8 – 20%), Forte Ondulado (20 – 45%) e Montanhoso (45 – 75%), Escarpado (>75%). Como pode ser observado na figura 3 e na tabela 1, 48,75% da declividade da área estudada caracteriza-se como Suave Ondulado; seguido pelas classes ondulado, com 33,79%; plano, com 16,24%; e forte-ondulado, com apenas 1,22%. A classe montanhosa, apesar de constar na classificação da área, apresenta pouco mais de um hectare, representando 0,004% da área total. A classe “escarpado”, não existe na área de estudo.

Tabela 1: Distribuição das classes de declividade para a área de estudo

Declividade (%)	Classe	Área (ha)	%
0 - 3	Plano	5.198,41	16,24
3 - 8	Suave-ondulado	15.607,58	48,75
8 - 20	Ondulado	10.818,65	33,79
20 - 45	Forte-ondulado	391,74	1,22
45 - 75	Montanhoso	1,29	0,004
Total		32.017,66	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 3 - Mapa de declividade da área de estudo

**Classes de declividade**

- Plano (0 - 3%)
- Suave Ondulado (3-8%)
- Ondulado (8-20%)
- Forte-Ondulado (20-45%)
- Montanhoso (45-75%)

Elementos do mapa

- FEENA
- Buffer

Fonte: Modelo Digital de Elevação (MDE), projeto Topodata (INPE, 2022b).

2.1.3 Geologia

A área de estudo está localizada no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná (DIOTTO, 2021). Três formações geológicas compõem predominantemente a região, sendo:

Corumbataí (constituído por rochas sedimentares e vulcânicas da era Paleozóica, pertencente ao grupo Itararé; formações Tatuí e Irati), formação Serra Geral (pertencente ao grupo São Bento; era mesozoica), formação Rio Claro (depósitos cenozóicos), formação Pirambóia (período Jurássico) e formação Botucatu (data entre o Jurássico Médio-Superior ao Cretáceo Inferior) (REIS *et al.*, 2005; LOMBARDO, 2000; *apud* DIOTTO, 2021, p. 49).

O Plano de Manejo (2005) aponta que na FEENA ocorrem litologias vinculadas à Formação Rio Claro, com a presença de arenitos inconsolidados de textura arenoso a areno-argilosa; a Formação Corumbataí, constituída por siltitos e argilitos; além de formações intrusivas básicas ao longo do canal do Ribeirão Claro, com a “presença contínua de depósitos aluvionares quaternários constituídos de areias e argilas” (REIS *et al.*, 2005, p. 38).

Essas formações geológicas presentes na região, são ricas em argila, calcário, e areia, o que dão a região grande potencial mineralógico, tendo a matéria prima utilizada pelo Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, está composta pelos municípios de Cordeirópolis, Araras, Ipeúna, Iracemópolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes (VIEIRA, 2022). Apesar dos ganhos econômicos que a atividade mineradora traz aos municípios, esta desencadeia sérios impactos socioambientais, como a poluição do ar, água e sonora, retirada da vegetação, dentre outros problemas (VIEIRA, 2022).

2.1.4 Hidrografia

A área de estudo esta predominantemente inserida na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, compondo a bacia do rio Piracicaba. Esta bacia hidrográfica apresenta um relevo que varia de plano a muito íngreme, ocupa uma área de aproximadamente 170.000 ha, sendo dividida nas seguintes sub-bacias: Alto Corumbataí (31.801,68 ha), Passa-Cinco (52.757,60 ha), Médio Corumbataí (29.316,60 ha), Ribeirão Claro (28.174,90 ha) e Baixo Corumbataí (28.724,84 ha) (VALENTE; VETTORAZZI, 2005).

A FEENA está localizada na sub-bacia do Ribeirão Claro, que abrange os municípios de “Araras, Corumbataí, Rio Claro e Santa Gertrudes, estendendo-se desde as Cuestas Arenítico-Basálticas (Serra de Analândia) em direção à Depressão Periférica Paulista” (REIS *et al.*, 2005, p. 39-40). Segundo o Plano de Manejo (2005), o Ribeirão Claro em seu alto curso está disposto de “NNW para SE, fluindo sobre a Formação Corumbataí, cortando em alguns trechos, intrusões basálticas que proporcionam o aparecimento de vertentes íngremes e assimétricas; já o médio e baixo curso se dispõe de NNE para SSW” (REIS *et al.*, 2005, p. 40).

A FEENA é composta por “pequenos cursos d’água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Corumbataí, sendo o principal deles o Ribeirão Claro, cortando-a no sentido norte–sul. Seus afluentes atingem-no no sentido oeste–leste, como é o caso dos córregos Santo Antônio e Ibitinga” (MACHADO, 1978; *apud* DIOTTO, 2021, p. 39). O Ribeirão Claro tem grande importância no abastecimento urbano do município de Rio Claro, pois tem suas águas captadas para abastecer 40,3% da população, tendo produção diária de 25 mil m³ (FONSECA, 2018).

Sobre os córregos Santo Antônio e Ibitinga, ambos apresentam nascentes em áreas com predomínio do cultivo de cana-de-açúcar, causando “elevados índices de perda de solo acima da dinâmica natural, resultante da presença de solos expostos, técnicas de manejo do solo e retirada da mata ciliar de suas margens e cabeceiras” (REIS *et al.*, 2005, p. 40). Para a UC, estes fenômenos trazem a baixa vazão no período de estiagem, no córrego Santo Antônio; e assoreamento ao Lago Central, este que é fruto do represamento do Córrego do Ibitinga (REIS *et al.*, 2005).

2.1.5 Vegetação

Segundo o Plano de Manejo (2005), com a cafeicultura, e o avanço das estradas de ferro pelo interior paulista, no final do século XIX, já era notável a degradação dos recursos naturais da região em que a FEENA está inserida. Antes dessa degradação, a vegetação primitiva era formada por “floresta estacional semidecidual (relacionada aos solos do tipo argissolo e latossolo), cerrado (relacionado a solos com textura arenosa, muito profundos e permeáveis) e cerradões (relacionados a solos de textura argilosa)” (PUPIM, 2010; *apud* DIOTTO, 2021, p. 35).

Com a crescente degradação, e a falta de recursos naturais para abastecer a linha férrea, entre 1909 e 1916, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF) comprou três fazendas na região de Rio Claro, objetivando o cultivo em larga escala de espécies de *Eucalyptus*, por Edmundo Navarro de Andrade (REIS *et al.*, 2005). As três fazendas adquiridas já apresentavam intensa degradação, sendo representadas por pastos e algumas culturas, com predomínio do café, e em menor escala com matas e capoeirões (REIS *et al.*, 2005).

O gênero *Eucalyptus*, é originário da Oceania, mais especificamente da Austrália, Indonésia e ilhas adjacentes, sendo representado por mais de 700 espécies (REIS *et al.*, 2005). As árvores deste gênero apresentam “alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com variações nas propriedades tecnológicas, adaptadas às

mais variadas condições de uso” (REIS *et al.*, 2005, p. 50). Devido a estas características, o eucalipto foi a espécie escolhida para atender as demandas da CPEF. Assim, no antigo Horto Florestal, originalmente foram implantadas 144 espécies de *Eucalyptus*, restando em torno de sessenta espécies até a publicação do Plano de Manejo (REIS *et al.*, 2005).

Apesar da vegetação da FEENA ser composta em suma por espécies do gênero *Eucalyptus*, há uma “vegetação arbórea nativa representada pela floresta estacional semidecidual, que ocupa as áreas marginais dos corpos d’água, os sub-bosques e os talhões experimentais de espécies nativas” (MACHI; CUNHA, 2006, p. 3). A regeneração da vegetação nativa é explicada pelo Plano de Manejo, da seguinte forma

áreas com vegetação nativa espontânea somente existem na FEENA como resultantes de processos de manejo florestal restrito ou inexistente (como nas coleções históricas e talhões de interesse para melhoramento genético), ou de ausência de ocupação de áreas antes florestadas (talhões abandonados, sem plantio depois de retiradas parcial ou total de madeira). Nestes casos, seja por formação de um sub-bosque nos talhões mais antigos, ou por regeneração, infestação ou chuva de sementes de áreas florestadas vizinhas, é que pode ser encontrada uma vegetação nativa (REIS *et al.*, 2005, p. 44).

A regeneração natural do sub-bosque é um fenômeno extremamente importante, e altamente complexo e dinâmico (FIORENTIN *et al.*, 2015; *apud* COSTA; MELO, 2018). Estas vegetações são muito sensíveis a perturbações, tendo o fogo como um dos elementos mais danosos à sua regeneração, podendo dizimar toda a população da área afetada pelo incêndio (COSTA; MELO, 2018).

O eucalipto é uma espécie que evoluiu em um ambiente onde o fogo é um fenômeno natural recorrente, assim desenvolveram um conjunto de características que permitiram a sua sobrevivência quando afetadas pelo fogo (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Desta forma, as espécies de eucalipto “possuem características inflamáveis que resultam da capacidade da espécie tolerar e sobreviver ao fogo e não por serem espécies que promovem o fogo ou que ‘gostem’ de arder” (BOWMAN *et al.*, 2014; *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2022, p. 118). Sendo assim, áreas de plantio dessas espécies apresentam alto risco de ocorrência de incêndios, devido a disponibilidade de madeira, contínuo depósito de folhas e galhos, além do sub-bosque, que servem como material combustível para essas ocorrências (BORGES *et al.*, 2011). Segundo Costa e Melo (2018), em florestas tropicais, o fogo dificulta “o desenvolvimento de novas plântulas, pois o fogo favorece a presença de gramíneas, estas em competição com as espécies arbóreas impedem seu desenvolvimento, e consequente estabilização no sub-bosque das

florestas” (p. 39). Assim, o fogo na FEENA representa uma grande ameaça a regeneração natural do sub-bosque, que se totalmente suprimida pode perder espaço para gramíneas.

Com relação ao entorno da UC, como apontado por Diotto (2021), a FEENA encontra-se como uma “ilha”, pressionada pela área urbana do município de Rio Claro, na borda oeste, e pela área rural, na borda leste. Desta forma, nas áreas ao entorno da UC a “vegetação nativa encontra-se quase totalmente modificada, predominando a lavoura de cana-de-açúcar e as pastagens, restando poucos fragmentos de matas próximos aos cursos d’água e as nascentes” (MACHI; CUNHA, 2006, p. 3).

2.1.6 Uso e cobertura da terra

Devido ao acelerado processo de ocupação da terra, o ser humano tem causado significativas transformações na superfície terrestre. Estas transformações podem trazer severas implicações para a sustentabilidade ambiental e o sustento das futuras gerações (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019). Uma forma de entender estas transformações, é através da análise do uso e ocupação da terra, que “consiste em buscar conhecimento sobre a utilização das terras, além de caracterizar as diferentes classes vegetais que compõe a área” (FERREIRA; PINTO, 2007; *apud* DIOTTO, 2017, p. 28).

Vale destacar que há diferenças conceituais nos termos de uso e de cobertura. O termo “uso” está relacionado com as atividades humanas, sejam econômicas, ou culturais, empregadas na terra (REIS *et al.*, 2005; LEITE; ROSA, 2012). O termo “cobertura”, está relacionado às características da superfície da terra, seja uma “cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar” (LEITE; ROSA, 2012, p. 92).

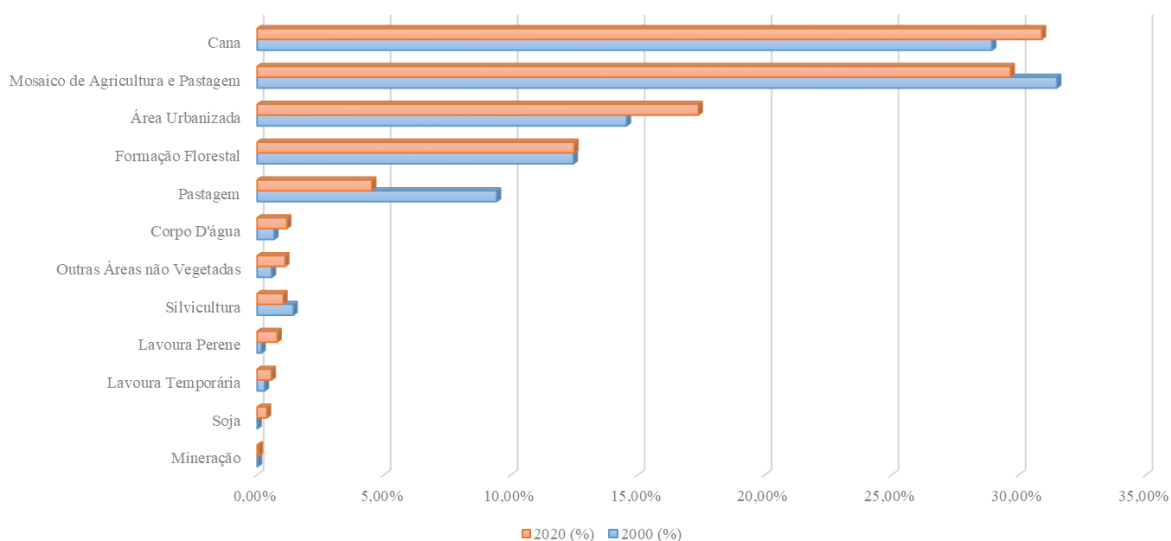
Para analisar o uso e cobertura da área de estudo desta pesquisa, foram utilizados dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (*MapBiomias*). Fundado em 2015, o *MapBiomias* é uma iniciativa de monitoramento aberto e colaborativo, formada por *ONGs*, universidades e *startups* de tecnologia, que realizam o mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil, desde 1985 (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019). O projeto funciona da seguinte forma

A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, tecnologia e *big data* disponíveis (série temporal *Landsat*), fornecidos pelo *Google Earth Engine*. Mais especificamente, a iniciativa usa métodos empíricos e estatísticos (por exemplo, *random forest* e aprendizado de máquina) para contar o histórico recente de pixels e criar mapas de uso e cobertura da terra (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019, p. 95).

Objetivando entender a dinâmica do uso e ocupação na área estudada, com as pressões que as áreas circunvizinhas exercem sobre a FEENA, e como estão relacionadas com eventos do fogo, foram obtidos dados da coleção 6, na plataforma do *MapBiomias*, em formato *GeoTiff*, para os anos de 2000 e 2020. A reclassificação das classes foi realizada no *software QGISDesktop 3.16.6*.

Conforme podemos observar na figura 4, para o ano de 2020, o plantio de cana-de-açúcar representava a maior classe dentro da área de estudo, com 30,89%; seguido pelas classes mosaico de agricultura (26,66%), área urbanizada (17,37%), formação florestal (12,48%), e pastagem (4,52%). Com menor expressão, oscilaram em 1% entre 2000 e 2020, as classes: corpos d'água (1,17), outras áreas não vegetadas (1,10%), silvicultura (1,03%), lavoura perene (0,79%), lavoura temporária (0,56%), soja (0,38%), mineração (0,06%) (figura 4).

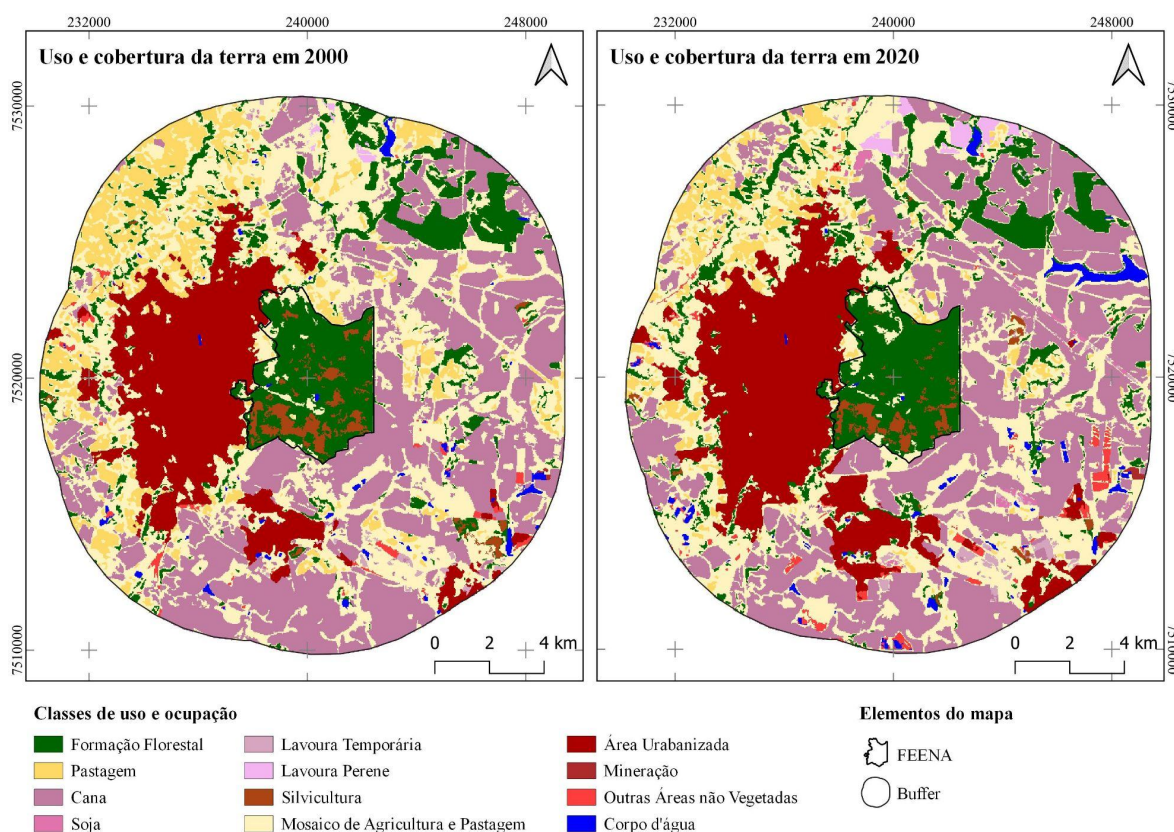
Figura 4 - Uso e cobertura da terra na área de estudo (2000 - 2020)



Fonte: Coleção 6, *Mapbiomas* (2021). Elaborado pelo autor.

Nota-se que a área permanece apresentando um crescimento da área urbana, sendo este crescimento de 2,83%, em 21 anos. Como observado na figura 5, nota-se que há a expansão urbana no município de Rio Claro, mas os municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis se destacam. Já a classe que teve a maior queda no período, foi a pastagem, com queda de 4,91%. As áreas de pastagem e mosaico de agricultura e pastagem a norte da FEENA foram transformadas, sobretudo, em plantações de cana-de-açúcar (figura 5).

Figura 5 - Mapa de uso e cobertura da terra na área de estudo (2000 - 2020)



Fonte: Coleção 6, *Mapbiomas* (2021). Elaborado pelo autor.

2.2 História da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA)

A história da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA) se confunde com a expansão das estradas de ferro pelo Estado de São Paulo, e com o desenvolvimento do município de Rio Claro, e região. Desta forma, considera-se essencial um resgate histórico para se entender os elementos políticos, econômicos e sociais que estiveram e estão presentes no processo de formação desta Unidade de Conservação.

O cultivo da cana-de-açúcar teve grande importância para o desenvolvimento do povoado que viria a se tornar o município de Rio Claro. Com o seu declínio, a partir da segunda metade do século XIX, o cultivo de café se destacou, trazendo transformações sociais e econômicas ao município (REIS *et al.*, 2005).

Essas transformações não se restringiam apenas a Rio Claro, sendo um reflexo do ciclo econômico do café, que traziam grandes transformações ao Estado de São Paulo. Com a crescente produção cafeeira, escoar a produção se tornou a principal dificuldade dos produtores paulistas, e uma barreira para o processo de expansão e interiorização da produção (REIS *et al.*, 2005). Neste contexto, “fez necessária a implantação de sistemas ferroviários

que tiveram a função de desenvolver muito rapidamente o interior de São Paulo e consequentemente esta região” (ZAMPIN; LOMBARDO, 2013, p. 31).

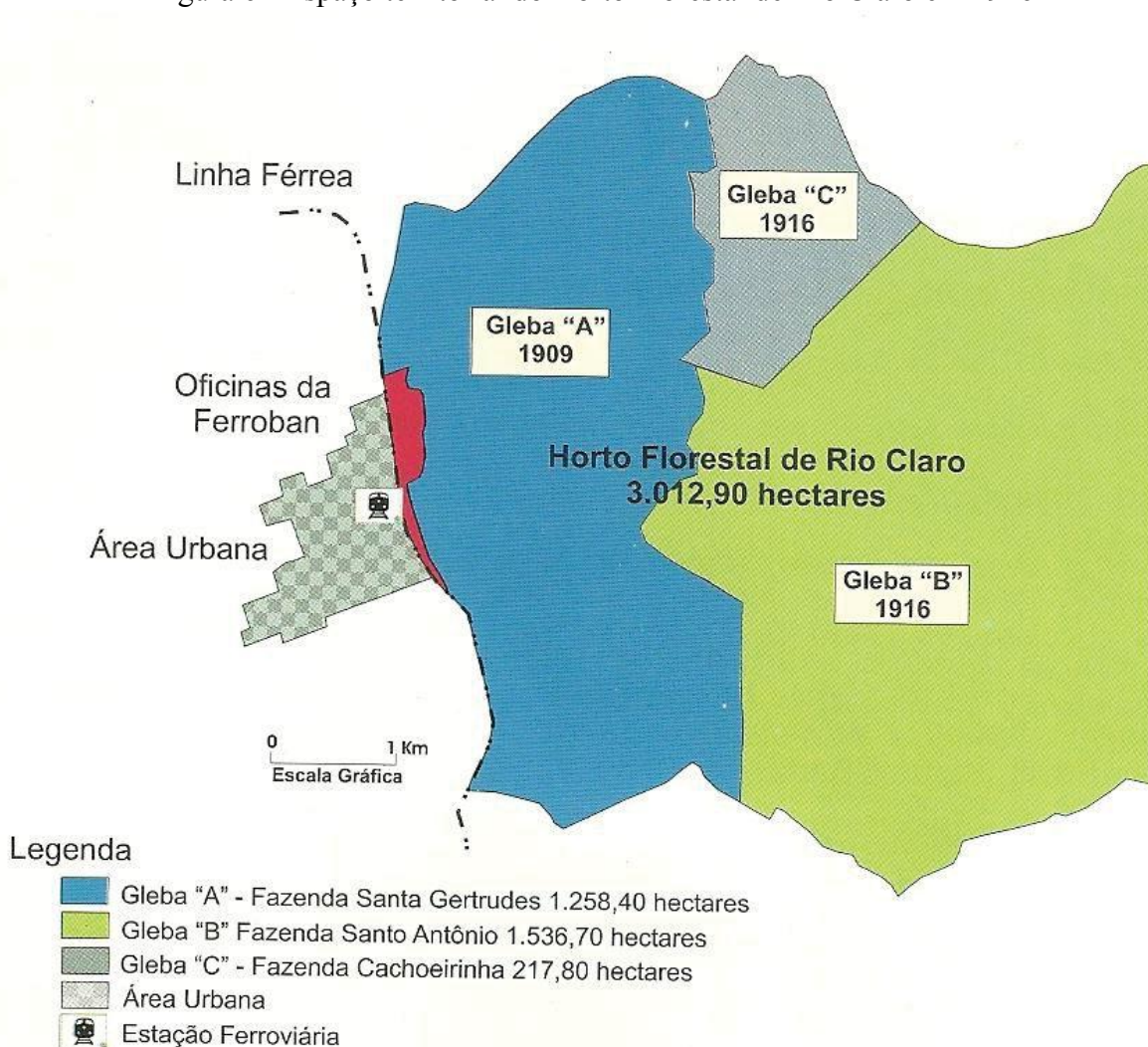
Em 1868, foi criada a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF), que tinha como objetivo prolongar a linha férrea para além de Jundiaí, e assim levar a produção de café até o porto de Santos, para ser exportada para o mercado internacional (REIS *et al.*, 2005). Desta forma, a ferrovia chegou a São João do Rio Claro, futuro município de Rio Claro, em 1876, trazendo o crescimento urbano, gradativa substituição da mão de obra escrava por trabalhadores livres assalariados, crescimento industrial e modificações na paisagem (REIS *et al.*, 2005).

Com a monocultura de café, muitas florestas foram devastadas, e a linha férrea ajudou a acelerar este processo de desmatamento. A madeira nativa passou a ser utilizada como “matéria prima para muitos utensílios industriais e residenciais, para a confecção de componentes dos próprios trens, para a construção de vagões, para as construções das oficinas, estação e casa para seus empregados, etc.” (REIS *et al.*, p. 18, 2005). Com o aumento do custo do carvão mineral utilizado nas caldeiras das locomotivas, que tinha origem inglesa, passou-se a utilizar lenha da vegetação local (REIS *et al.*, 2005), e assim, “bastaram 30 anos, porém, para que as matas às margens da ferrovia fossem inteiramente dizimadas” (DAHER *et al.*, p. 4, 2009; *apud* MARCUCCI, 2013, p. 19).

Diante deste cenário, em 1903, a CPEF elaborou um projeto de reflorestamento, objetivando o abastecimento dos insumos utilizados nas estradas de ferro (MARCUCCI, 2013). Neste mesmo ano, a companhia contratou o engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, como diretor do Horto Florestal da Companhia Paulista, para realizar estudos com espécies nativas e exóticas, e assim avaliar as espécies que apresentassem crescimento rápido e de boa qualidade a serem utilizadas pelas estradas de ferro (MARCUCCI, 2013; REIS *et al.*, 2005). Com base nesses estudos, Andrade concluiu que a espécie que melhor atendia os objetivos propostos eram as espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* (REIS *et al.*, 2005).

Assim, em 1909, nasce o Horto Florestal de Rio Claro, futura FEENA, com a compra da Fazenda Santa Gertrudes (1.260 hectares), iniciando-se o cultivo de eucalipto em larga escala (REIS *et al.*, 2005). Posteriormente, em 1916, a CPEF adquiriu mais duas glebas de terras, sendo 1.536,70 hectares da Fazenda Santo Antônio, e 217,80 hectares da Fazenda Cachoeirinha, totalizando 3.012,90 hectares (DAHER *et al.*, 2009; *apud* MARCUCCI, 2013). A localização espacial dessas fazendas adquiridas pela Cia Paulista, e a proximidade com a área urbana de Rio Claro, podem ser observadas na figura 6.

Figura 6 - Espaço territorial do Horto Florestal de Rio Claro em 1916



Fonte: MARCUCCI (2013, p. 23), modificado de FRANÇA Júnior, 1993.

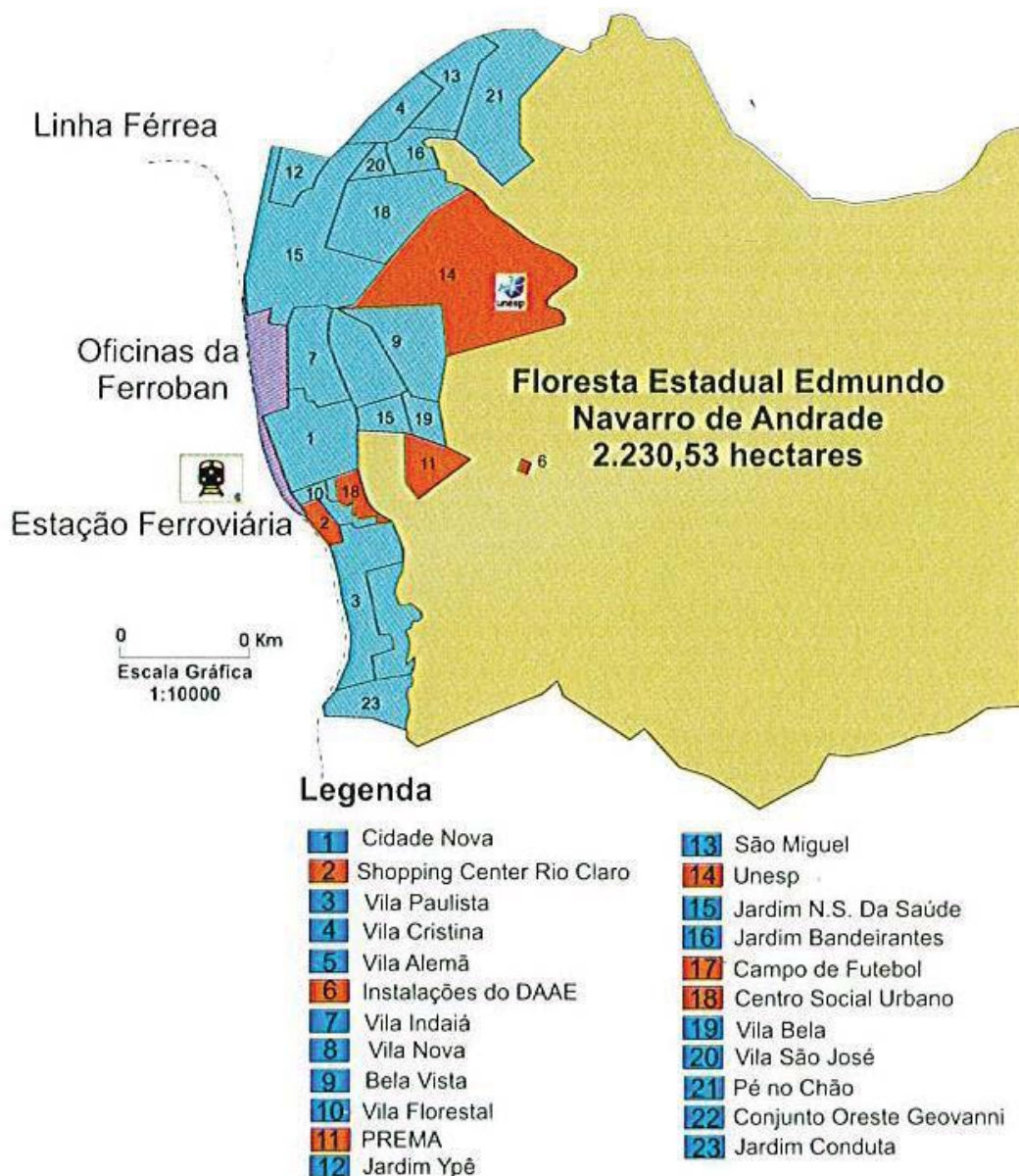
Ao longo de mais de cem anos de existência, a floresta passou por diversas mudanças estruturais e políticas. Com a expansão urbana do município de Rio Claro, o antigo Horto Florestal passou por constantes desapropriações, que deram lugar a novos bairros (REIS *et al.*, 2015), resultando na redução da sua área em 782,9 ha (DIOTTO, 2021). A construção dos novos bairros, e consequente supressão da floresta em sua margem oeste, pode ser observado através da investigação de Diotto (2021):

Para França (1993), a primeira área desapropriada do antigo Horto Florestal na borda oeste, foi em 1917, dando origem ao bairro Cidade Nova. Na década de 1930 há novos desmembramentos do Horto para ampliação do mesmo bairro, para a criação da indústria Matarazzo e para a criação dos bairros Vila Paulista e Vila Cristina. Na década de 1940, surgem os bairros Vila Alemã, Vila Indaiá e as instalações do Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Rio Claro (DAAE). O bairro Vila Nova surge em 1950, seguido pela criação do bairro Bela Vista em 1953 e Vila Florestal em 1956, mesmo ano em que a indústria PREMA (Tintas e Preservação de Madeira)

comprou uma área dentro do Horto para as suas atividades. No final dessa década, há a criação dos bairros Jardins do Ipê e a Vila São Miguel, em 1965. (...) Ainda, no final da década de 1990, houve a criação do bairro “Oreste Armando Giovanni”. (DIOTTO, 2021, p. 46).

O atual campus da UNESP, situado no bairro Bela Vista, foi implantado na década de 1970, ocupando uma área de 127,58 ha do Horto Florestal (DIOTTO, 2021). A instalação do campus no local nasceu a partir de uma parceria entre a Universidade e a FEPASA, visando propiciar continuidade nos estudos do programa de reflorestamento, que datavam da década de 1940 (UNESP, 2015, on-line; *apud* DIOTTO, 2021). Apesar do impacto para a floresta, “a ocupação para essa finalidade pode ser considerada menos impactante que as demais, visto que impediu o avanço dos bairros para o interior da floresta” (DIOTTO, 2021, p. 46). Com base na figura 6 e 7, tomando como referência as “Oficinas da Ferroban”, é visível como foi o processo de expansão urbana de Rio Claro para leste de sua malha urbana, e consequente supressão da vegetação do antigo Horto Florestal, para dar lugar aos novos bairros.

Figura 7 - Áreas limítrofes da FEENA com bairros de Rio Claro/SP.



Fonte: DAHER et al. (p. 13, 2009), mapa modificado de França Junior, 1993; apud MARCUCCI (2013).

Na década de 1970, a CPEF foi estatizada pelo Estado de São Paulo, transformando-se na FEPASA (REIS *et al.*, 2005). Devido à importância histórica, cultural e científica, o Horto Florestal foi tombado pelo CONDEPHAAT, em 1977 (REIS *et al.*, 2005). Objetivando “proteger, conservar e manejar de forma sustentável todo o complexo florestal, ambiental e cultural ali existente, desde espécies vegetais, animais, cursos d’água, o Museu do Eucalipto e demais elementos dos componentes do acervo da área” (SÃO PAULO, 2002, p. 1), em 11 de junho de 2002, pelo decreto nº 46.819, o Horto Florestal foi transformado em Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, seguindo a Lei Federal nº 9.985, que instituiu o

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), alçou a área a Unidade de Conservação de Uso Sustentável (REIS *et al.*, 2005). Atualmente a FEENA é administrada pela Fundação Florestal, órgão da Secretaria do Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA-SP).

Segundo Reis *et al.* (2005), a instituição da área como uma Unidade de Conservação, tem “um papel relevante de abrangência local, regional e mundial no que se refere ao uso direto e indireto dos recursos naturais” (p. 127). A FEENA representa um marco histórico e cultural do desenvolvimento econômico da região, com o café e com a linha férrea. Ambientalmente, pode-se afirmar que a FEENA traz benefícios consideráveis as áreas urbanas próximas, contribuindo para

a estabilidade microclimática, atenuando a amplitude térmica, evitando insolação direta e contribuindo para a redução da velocidade dos ventos; age como anteparo de poluentes e de material particulado; atua como elemento importante na estrutura da paisagem; tem papel importante no seqüestro de CO₂; contribui para a diminuição da poluição sonora; disponibiliza os espaços de convívio social; melhora as condições de saúde mental e física da população, entre outros (REIS *et al.*, 2005, p. 127).

Mundialmente, a UC destaca-se pela variedade de espécies do gênero *Eucalyptus sp*, constituindo um importante banco de germoplasma desta espécie (REIS *et al.*, 2005). Apesar do predomínio da espécie apontada, a formação de sub-bosque por espécies nativas estabelecidas na área por processos de sucessão ecológica e regeneração natural, trazem a área características bastante peculiares na paisagem, sendo utilizadas em diversos estudos sobre a regeneração de sub-bosque em plantações de eucalipto, como podem ser lidos no Plano de Manejo (REIS *et al.*, 2005).

2.3 Histórico e importância da instituição das Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação são áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais, sendo definidas pela SNUC, como

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

As UCs, constituem-se como uma importante estratégia na contenção dos impactos ambientais ocasionados pela ocupação e expropriação desenfreada dos meios naturais. No Brasil, as primeiras noções de proteção ao meio ambiente datam dos períodos colonial e

imperial, com a criação de iniciativas que objetivavam a proteção, a gestão ou o controle de determinados recursos naturais (MEDEIROS, 2006). Segundo Medeiros (2006), a princípio o foco da coroa e do império estava centrado em

determinados recursos naturais sem necessariamente haver a demarcação de áreas ou territórios específicos – característica essa que confere sentido e significado ao termo “área protegida”. Essa noção só começou a ser modificada e praticada, não apenas no Brasil, à medida que os efeitos oriundos dos impactos decorrentes da devastação de extensas áreas, seja pela exploração e corte da madeira, seja pelo empobrecimento dos solos, fizeram-se mais evidentes (MEDEIROS, 2006, p. 44).

Um passo importante para a demarcação desses territórios específicos se deu com a proposição da criação de dois parques nacionais, o Parque Nacional da Ilha do Bananal e o Parque Nacional das Sete Quedas do Rio Paraná, em 1876, pelo Engenheiro André Rebouças, inspirado na criação do Parque de Yellowstone, nos Estados Unidos, em 1872 (HASSLER, 2005). Neste momento, a proteção da natureza tinha como intuito preservar uma natureza cênica, sendo que “a única forma de manter essas áreas protegidas seria afastando-as dos seres humanos, reforçando o mito moderno da existência de uma natureza intocada” (DIEGUES, 1996; *apud* FORNAZARI, 2018, p. 17). Apesar das propostas de Rebouças não se concretizarem, essas abriram espaço para discussões que culminaram na criação dos primeiros parques nacionais no Brasil, anos depois (MEDEIROS *et al.*, 2004; *apud* MEDEIROS, 2006). O primeiro parque nacional só se concretizou em 1937, durante o governo de Getúlio Vargas, com a criação do Parque Nacional Itatiaia, localizado na Serra da Mantiqueira (HASSLER, 2005).

Assim como a criação do primeiro parque nacional, outros acontecimentos ao longo da década de 1930 foram importantes para a preservação do meio ambiente brasileiro, como: a instituição do artigo 10, na Constituição Republicana Brasileira, de 1934, que atribuía ao poder público o dever de fiscalizar e proteger a natureza, tornando a preservação uma política de desenvolvimento nacional; além da criação do Código de Caça e Pesca, Código de Águas, Decreto de Proteção dos Animais, e o Código Florestal (MEDEIROS, 2006). O Código Florestal de 1934 foi um importante marco para a implantação de parques nacionais, além de estabelecer critérios para a proteção dos ecossistemas florestais brasileiros, e introduzir as categorias de manejo em função dos objetivos e finalidades de cada área instituída (MEDEIROS *et al.*, 2004; *apud* FORNAZARI, 2018).

Em 1965, houve um novo Código Florestal, tendo basicamente os mesmos objetivos da primeira versão, de 1934, porém alterando as tipologias de áreas protegidas, para Parque

Nacional e Floresta Nacional, as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL) (MEDEIROS, 2006). Na década seguinte, com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, mais conhecida como Conferência de Estocolmo, uma nova fase do movimento ambientalista internacional teve início, ao se “discutir a importância de se repensar as relações entre as sociedades, o meio ambiente e a conservação ambiental” (FORNAZARI, p. 19, 2018).

No Brasil, a conferência influenciou na criação de diferentes regulamentações, com criações de leis e secretarias, culminando na criação de uma série de UC's (FORNAZARI, 2018). Neste contexto, no final da década de 1970, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e Fundação Brasileira de Conservação da Natureza (FBCN), deram início aos estudos para a criação de um Sistema Nacional de Unidades de Conservação, que pela ausência de um amparo legal, só pode ser institucionalizado duas décadas depois, através da Lei nº 9.985/2000 e regulamentado pelo Decreto 4.519/2002 (FORNAZARI, 2018). A SNUC tem o objetivo de estabelecer “critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação” (BRASIL, 2000).

As unidades de conservação integrantes do SNUC são divididas em dois grupos, e doze categorias. O grupo das Unidades de Proteção Integral, tem o objetivo de “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei” (BRASIL, 2000), sendo composto pelas seguintes categorias de UCs: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, e Refúgio de Vida Silvestre. O segundo grupo é formado pelas Unidades de Uso Sustentável, que objetiva “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000), constituído pelas categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A FEENA enquadra-se neste segundo grupo, sendo uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, pois entende-se que os recursos florestais devem ser manejados objetivando suprir as necessidades sociais, econômicas ou outras geradas pelos seres humanos (REIS *et al.*, 2005). Segundo PANAGASSI (2015), sua categoria é a de Floresta Nacional, mas que por ser gerida pelo poder estadual, pelo artigo 17º da SNUC, sua denominação passa para Floresta Estadual. Desta forma a Floresta Nacional/Estadual, é definida como uma “área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso

múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas” (BRASIL, 2000).

O SNUC estabelece que a partir da data de criação desses espaços, há um prazo de cinco anos para que a Unidade de Conservação desenvolva Plano de Manejo, este que é um documento técnico, que fundamentado “nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade” (BRASIL, 2000).

Para a elaboração deste documento para a FEENA, publicado em 2005, consultas públicas foram realizadas por meio de oficinas de planejamento, as quais ouviram a comunidade, representada por cidadãos comuns, líderes comunitários, representantes de organizações governamentais e não governamentais, instituições de ensino e de segurança, buscando trazer prováveis problemas e suas soluções para serem utilizadas no plano de manejo (ZANCHETTA; DINIZ; PAGANI, 2009). Durante o planejamento participativo, foram realizadas seis oficinas, no ano de 2004, as quais indicaram recorrência de incêndios tanto no entorno da UC, quanto dentro da floresta, um dos principais problemas da área (ZANCHETTA; DINIZ; PAGANI, 2009).

Em relação ao fogo, foram apontadas as seguintes soluções: fiscalização da prefeitura quanto ao lixo no entorno, plantio de mudas no entorno da unidade, criação de um corpo de voluntários para o combate aos incêndios, projeto de educação para proprietários rurais, permitir concessões de uso para manejo de gado em áreas de incêndios, informar a comunidade, equipamentos, elaboração de plano de prevenção e contingência, e manutenção de aceiros internos (ZANCHETTA; DINIZ; PAGANI, 2009). Com os resultados obtidos ao longo das oficinas, estes foram traduzidos em propostas e incorporadas ao documento final, tendo em vista os objetivos pelos quais a UC foi criada, assim, houveram propostas que foram descartadas (ZANCHETTA; DINIZ; PAGANI, 2009).

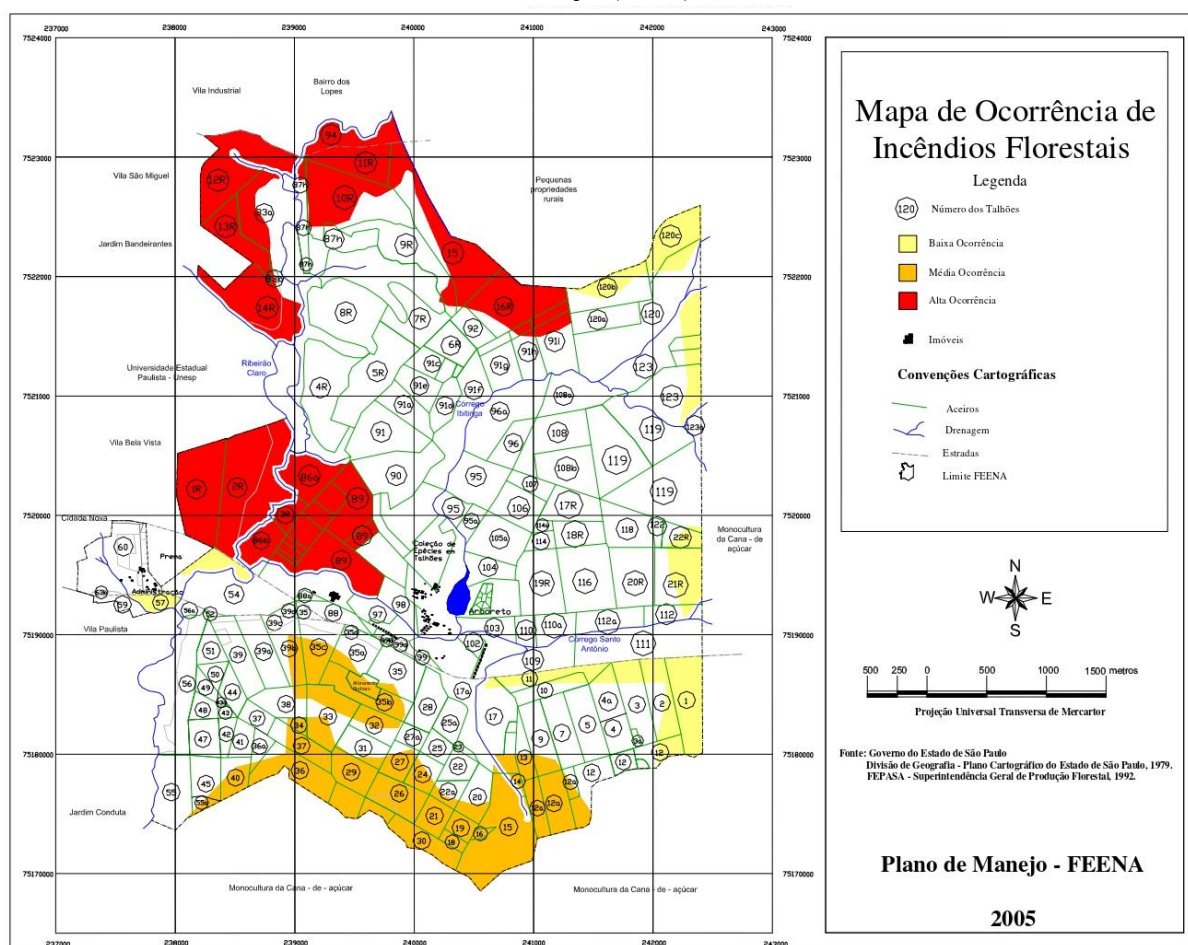
O diagnóstico sobre as ocorrências de incêndios florestais na FEENA, presente no Plano de Manejo (2005), aponta que o íntimo contato entre a malha urbana no município de Rio Claro, e a cultura da cana-de-açúcar no entorno da UC, configuram grande pressão sobre a FEENA, ocasionando danos pela ação do fogo. O princípio dos focos na UC decorrem do mal uso do fogo, através da

adoção de queimadas como prática corriqueira no processo de ocupação e limpeza de áreas para eliminar restos de culturas, pragas e o manejo de pastagens; por pescadores, caçadores, moradores e visitantes que utilizam a

área para atividades não compatíveis com os objetivos da Unidade e ainda a prática tradicional e daninha de confeccionar e soltar balões (REIS *et al.*, 2005, p. 75).

O Plano de Manejo (2005), aponta que trabalhos de combate e prevenção do fogo na unidade ocorriam de forma tardia, apenas no início da temporada de fogo, o que ocasionava a não efetividade no combate, além da dificuldade na supressão desses eventos, devido à pequena equipe que atuava nessas ações, equipe esta formada por funcionários da FEENA (REIS *et al.*, 2005). Como resposta, o Plano propunha a construção de cercas para limitar o acesso de transeuntes à área, e facilitar os serviços de vigilância; além da realização de aceiros periódicos, existência de uma equipe de vigilância, e a formação de uma brigada de incêndio treinada e equipada para combater os incêndios (REIS *et al.*, 2005). As áreas apontadas pelo Plano de Manejo com maior incidência de incêndios florestais na UC, até 2005, podem ser visualizadas na figura 8.

Figura 8 - Mapa de ocorrência de incêndios florestais na FEENA, segundo o Plano de Manejo (2005)



Fonte: REIS *et al.*, 2005.

Desta forma, evidencia-se a importância da criação das Unidades de Conservação não apenas como um importante instrumento de preservação do meio ambiente, mas também como um importante instrumento de diagnóstico dos problemas que essas áreas podem apresentar para a sua manutenção. Mais adiante, serão discutidos profundamente os impactos das ocorrências com fogo na FEENA, e no seu entorno.

2.4 Conceitos em torno do fogo

O fogo é um elemento da natureza, com registros datados do Período Proterozóico (cerca de 2,5 bilhões de anos) (SOBRINHO, 2021). Este elemento passou a influenciar o comportamento da humanidade após o seu domínio, tendo registros de seu uso a cerca de 1,5 milhões de anos, pelo *Homo erectus*, no continente africano (SOBRINHO, 2021). Assim, os seres humanos passaram a ser os principais responsáveis pelas ignições na Terra, se sobrepondo às ignições naturais, além de alterarem as condições de susceptibilidade ao fogo (ALVES; ALVARADO, 2019).

O fogo tem como origem o processo de combustão, este que é “um processo químico pelo qual uma substância reage rapidamente com o oxigênio, havendo um intenso desprendimento de calor e luz” (SOUZA, 2008, p. 6). Para a ocorrência desse fenômeno, é necessária a combinação de três elementos, estes que formam o “triângulo do fogo” (SOUZA, 2008,) composto por: “combustível que fornece energia para a queima, o comburente que é a substância que reage quimicamente com o combustível e o calor que é necessário para iniciar a reação entre combustível e comburente” (MOTTA, 2008, p. 3).

Como apontado por Torres *et. al.* (2020), por vezes é possível encontrar no público em geral e na mídia o emprego do termo “queimada” de forma genérica, atribuída a qualquer tipo de evento com o fogo. Porém, há diferenças conceituais entre queimada, incêndio florestal e foco de calor, que serão expostas a seguir.

As queimadas são ações antrópicas e intencionais, tendo diferentes objetivos através do uso do fogo (SOBRINHO, 2021). Estes objetivos podem ser: limpeza e renovação de pastagens, preparação de plantios, eliminação de material lenhoso proveniente de desmatamentos, queima da palhada de cana-de-açúcar para facilitar a colheita manual, vandalismo, balões, disputas fundiárias, protestos sociais, dentre outros (ICMBIO, 2020). Em áreas urbanas, as queimadas são muito utilizadas para a queima de lixo, limpeza de terrenos e áreas abandonadas, podendo acarretar doenças respiratórias causadas pela fumaça e fuligem provenientes dessas ações (SILVA *et al.*, 2019).

Quando o fogo proveniente das queimadas atinge áreas florestais, têm-se o incêndio florestal. Desta forma, pode-se definir os incêndios florestais como “fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta” (SCHUMACHER; DICK, 2018, p. 12), podendo ter sua origem por ações antrópicas, de forma intencional ou por negligência, ou causada de forma natural (raios) (ICMBIO, 2010).

Em função do estrato de combustível florestal afetado pelo fogo, os incêndios florestais podem ser classificados em: superficiais, subterrâneos e aéreos ou de copa (SCHUMACHER; DICK, 2018; ICMBIO, 2010). Os incêndios de superfície ocorrem no piso florestal, “consumindo as plantas e demais componentes da serapilheira em diferentes estágios de decomposição, tais como folhas, galhos, estruturas de reprodução, enfim, todo o material combustível até cerca de 1,80 m de altura” (SOARES; BATISTA, 2007; apud SCHUMACHER; DICK, p. 14, 2018). Este é o tipo mais comum de incêndio florestal, podendo ocorrer em todos os tipos de vegetações. Dependendo das condições, tais como tipo de vegetação, intensidade do fogo, e condições atmosféricas, os incêndios superficiais podem originar incêndios de copa e subterrâneos (SCHUMACHER; DICK, 2018, p. 14).

Os incêndios aéreos, ou de copa, são aqueles que se propagam nas copas das árvores (ICMBIO, 2010), aferido por Schumacher e Dick (2018), como incêndios que queimam combustíveis acima de 1,80 m de altura. Comumente, seu início tem como origem os incêndios de superfície, com chamas que se elevam até a copa das árvores através de trepadeiras e cipós (ICMBIO, 2010), mas em casos excepcionais, podem ser provocados por raios (SCHUMACHER; DICK, 2018, p. 14). Seu controle é considerado difícil, pois apresenta “alta velocidade de propagação, um nível elevado de liberação calórica e uma coluna de convecção bastante desenvolvida” (ICMBIO, 2010, p. 47), além de liberar “fagulhas em outros materiais, que acesos irão gradativamente queimando a vegetação rasteira e demais materiais combustíveis na superfície do solo” (SCHUMACHER; DICK, 2018, p. 15).

Os incêndios subterrâneos são caracterizados pela “queima sob a superfície do solo, devido à grande acumulação de matéria orgânica, húmus ou turfa” (SCHUMACHER; DICK, 2018, p. 12). Nesses solos, a propagação do fogo é mais intensa no subsolo do que na superfície devido a grande quantidade de oxigênio disponível, proveniente do acúmulo de matéria orgânica, no interior do solo do que na superfície (COTA; BAPTISTA, 2015). Apesar da lenta propagação, ocorrendo sem chamas, seus efeitos são danosos ao meio físico, químico

e biológico, destruindo raízes e sementes, gerando grande perda de biomassa na camada do solo (COTA ; BAPTISTA, 2015).

Outro conceito associado aos estudos sobre fogo, é o de foco de calor. Estes podem ser definidos como “anomalias termais que ocorrem na superfície da terra, associados ao fogo ativo” (FREITAS, 2021, p. 7), detectados por “ sensores da radiância emitida por materiais em chamas na faixa de energia infravermelha (0,75 a 1000 μm)” (FREITAS, 2021, p. 8). Como calçadas, ruas, tetos metálicos podem apresentar temperaturas entre 70° e 120°C, assim como uma anomalia termal, processamentos são realizados para diferenciar a temperatura anômala dos demais pixels, e assim garantir que a informação esteja coesa a ocorrência do fogo (INPE, 2021c, *apud* FREITAS, 2021).

Vale ressaltar que não são todas as queimadas e incêndios florestais que podem ser detectadas, devido a diferentes variáveis, como: frentes de fogo menores que 30 m, nuvens cobrindo o foco, queimas de pequena duração, imprecisão na localização do foco de calor, que pode chegar a variar de 375 m a 6 km, dentre outras questões (INPE, 2022). Desta forma, devido a área de estudo desta pesquisa ser muito fragmentada, dado a matriz agrícola e urbana, estes eventos têm menor intensidade, dificultando sua detecção por meio de sensores orbitais (VADREVU *et al.*, 2011; *apud* MATAVELI *et al.*, 2014). Através do portal do Programa Queimadas do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pode-se obter os focos de calor captados por imagens dos satélites polares *NOAA-18 e 19* (sensor *AVHRR/3*), *METOP-B e C*, *TERRA e AQUA* (ambas com o sensor *MODIS*), *NPP-Suomi e NOAA-20* (sensor *VIIRS*); além das imagens dos satélites geoestacionários, *GOES-16 e MSG-3* (INPE, 2022).

Após esta conceituação, salienta-se que ao longo do texto o termo queimada será utilizado para se referir aos eventos com foco que ocorreram no *buffer/zona* de amortecimento, enquanto o termo incêndio florestal será empregado para os eventos que ocorreram na Unidade de Conversação analisada. Termos mais genéricos, como queima e áreas queimadas poderão ser utilizados como sinônimos de ambos os eventos.

2.5 O Sensoriamento Remoto e o SIG nas pesquisas sobre fogo

Na literatura é possível encontrar muitas definições de Sensoriamento Remoto, por vezes amplas, definindo esta técnica como o “processo de aquisição de dados sem que haja contato direto com o objeto” (BORGES; PACHÊCO; SANTOS, 2015, p. 268). Porém, esta definição termina por abarcar sonares e sismógrafos (NOVO, 2010), que não correspondem a

esta pesquisa, que trata da aquisição de dados através do sensoriamento remoto orbital. Assim, podemos definir o conceito de Sensoriamento Remoto como:

a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010, p. 28).

Florenzano (2011), divide a história do sensoriamento remoto em dois períodos: o primeiro, de 1860 a 1960, estando vinculado às mais diversas formas de se obter fotografias aéreas; e o segundo período, a partir de 1960 até os dias atuais, baseado em uma variedade de tipos de dados obtidos por satélites. Os estudos sobre o fogo utilizando o sensoriamento remoto se encontram neste segundo período, quando a partir da década de 1980 se revelou o alcance global do fogo, através das observações de produtos provenientes de satélites (BOWMAN *et al.*, 2009).

Dentre os satélites que permitiram a reconstrução espaço-temporal do histórico do fogo, o programa de satélites de observação da Terra *Landsat (Land Remote Sensing Satellite)* constitui-se como um dos mais importantes. O programa que teve início na segunda metade da década de 1960, inicialmente intitulado *ERTS (Earth Resources Technology Satellite)*, foi concebido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) (INPE, 2022b). O *Landsat-1*, composto pelas câmeras *RBV (Return Beam Vidicon)* e *MSS (Multispectral Scanner System)*, foi lançado em 1972, sendo o primeiro satélite desenvolvido para atuar diretamente em pesquisas de recursos naturais (INPE, 2022b).

Ao longo dos lançamentos, novas inovações foram se sucedendo, como sensor o *TM (Thematic Mapper)*, na segunda geração, composta pelos *Landsat 4 e 5*, tendo a resolução espacial de aproximadamente 30 metros e bandas distribuídas nas regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, com período de revisita de 16 dias e imagens com 8 bit (BORGES; PACHÊCO; SANTOS, 2015). A primeira geração (*Landsat 1, 2 e 3*), tinha 80 metros de resolução espacial e período de revisita de 18 dias (INPE, 2022b).

Com o *Landsat 7*, o sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*, teve como inovação a banda pancromática de 15 metros de resolução espacial. No *Landsat 8*, foram incluídos o sensor espectral *Operational Land Imager (OLI)* e o sensor termal *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*, além de serem adicionadas as bandas *new coastal* (banda 1), e o *Cirrus* (banda 9) (BORGES; PACHÊCO; SANTOS, 2015). Desde 2021, encontra-se em

órbita o Landsat-9, que traz poucas diferenças do oitavo satélite, tendo como função substituir o sétimo satélite (NASA, 2021).

Sendo assim, devido ao longo período de tempo em atividade, boa resolução espacial, e por recobrir uma área de 185x185 km em cada cena, a série de satélites *Landsat* traz grande poder de análise ao monitoramento de queimadas em escala local e regional, além de permitir a reconstrução do histórico do fogo em diferentes regiões (FORNAZARI *et al.*, 2015). Outro benefício, este não apenas da série *Landsat*, mas também de outras séries de satélite, é o custo relativamente baixo, se comparado com métodos tradicionais, como levantamento de campo, pois as imagens podem ser acessadas gratuitamente (FRANÇA; FERREIRA, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2018).

Pode-se afirmar que o Sensoriamento Remoto traz a possibilidade de se obter dados da superfície terrestre de “forma rápida, confiável e repetitiva, em diferentes faixas espectrais e escalas” (ROSA, 1996, p. 99; *apud* LEITE; ROSA, 2012). Complementando esta tecnologia, estão os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), que permitem o manuseio dos dados obtidos com o sensoriamento remoto, com outros tipos de produtos (ROSA, 1996, p. 99; *apud* LEITE; ROSA, 2012). Segundo Câmara e Ortiz (1998), o SIG pode ser entendido como

conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. (...) Um SIG pode, ainda, ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída (CÂMARA; ORTIZ, 1998, p. 1 - 2).

Desta forma, este trabalho utilizou diferentes produtos provenientes do Sensoriamento Remoto, como mosaicos da série *Landsat*, e focos de calor, que foram manuseados em SIG's, como o *software QGIS*, e o *Google Earth Engine (GEE)*, além de se construir um banco de dados, estes manipulados no *software Excel*. A forma de operacionalização destas ferramentas, e os resultados obtidos serão descritos mais adiante.

2.6 Metodologia

Nesta seção, será apresentada a metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho, como a obtenção dos mosaicos Landsat, processamento dos dados, chave de fotointerpretação e subsídios para delimitação de cicatrizes.

2.6.1 Obtenção de imagens de satélite e processamento dos dados

Como apontado por Alves et al., (2022), as imagens geradas pela série de satélites *Landsat*, são uma importante fonte de informações para a delimitação e análise de áreas queimadas, dispondo de bandas nas regiões do visível (*RGB*), infravermelho próximo (*NIR*) e infravermelho de ondas curtas (*SWIR*) aplicadas na geração de índices espectrais utilizados para o monitoramento e análise da vegetação afetada pelo fogo. Sendo assim, para a realização deste trabalho foram utilizadas as 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* (Tabela 2), como proposto na metodologia aplicada por Alvarado et al. (2017), Conciani (2017), e Conciani et al. (2021).

Tabela 2 - Satélites e bandas espectrais utilizados na pesquisa

Satélite	Sensor	Resolução espacial	Período de Revisita	Bandas usadas	Período utilizado
Landsat 5	TM	30 m	16 dias	5 - 4 - 3	2000 - 2011
Landsat 7	ETM +	30 m	16 dias	5 - 4 - 3	2012
Landsat 8	OLI	30 m	16 dias	6 - 5 - 4	2013 - 2020

Fonte: INPE (2022b). Organizado pelo autor (2022).

Para a realização do mapeamento de queimas foram utilizadas imagens provenientes dos sensores *TM* e *ETM +*, nas composições falsa cor, das bandas 5 (infravermelho de onda curta, 0,55– 1,75 μm), 4 (infravermelho próximo, 0,76– 0,90 μm) e 3 (vermelho visível, 0,63– 0,69 μm); e para o sensor *OLI*, a composição falsa cor, utilizando as bandas 6 (infravermelho de ondas curtas, 1,57-1,65 μm), 5 (infravermelho próximo, 0,85– 0,88 μm) e 4 (vermelho visível, 0,64– 0,67 μm) (CONCIANI, et al. 2021). Para “minimizar as flutuações na intensidade da refletância e reduzir o erro de observação” (CONCIANI, 2017, p. 15), a renderização das bandas, referente aos mosaicos de imagens, foram padronizados em

renderização do tipo multibanda colorida, com os valores RGB de mínimo em 0, e máximo em 3000.

A obtenção de imagens da série *Landsat* foi realizada através da plataforma online *Google Earth Engine (GEE)*. O *GEE* é uma plataforma gratuita para processamento de imagens de satélite em nuvem, permitindo o processamento de grandes volumes de dados de forma remota, por meio de requisições usuário-servidor em *JavaScript*, reduzindo drasticamente o tempo de processamento e eliminando as exigências de hardware por parte do usuário (ALVES; ALVARADO, 2019). O código utilizado para a realização da pesquisa, permite a visualização e o *download* de cenas mensais para as áreas de interesse, utilizando as imagens do *Landsat*, já na composição desejada para cada sensor (Tabela 2). Outra vantagem deste código está na remoção de pixels contaminados por nuvens, estas que não corrigidas podem causar interferências na correta interpretação das cicatrizes de áreas queimadas nas imagens *Landsat*.

As imagens foram inspecionadas em intervalo mensal, entre os anos de 2000 e 2021, delimitando manualmente as cicatrizes de áreas queimadas na escala gráfica padronizada em 1:15.000, identificadas sobre a área da FEENA e em seu entorno, estimado a partir de um buffer de sete quilômetros. Com a delimitação das cicatrizes, foi estruturado um banco de dados, com base nos valores de área (em hectares), ano (YYYY), e mês (MM) de identificação, que foram processados para criar outros produtos, como frequência de incêndios, cálculo de área anual queimada, área queimada mensal acumulada, e ano da última queima, conforme detalhado na tabela 3.

Os vetores foram transformados em rasters anuais e binarizados (1 = queima, 0 = não queima). A frequência de área queimada em cada pixel (contagem) ao longo dos 22 anos foram geradas através do *software R*, realizando a somatória dos rasters anuais binários (CONCIANI, 2017), resultando no mapa da frequência de áreas queimadas (Figuras 12 e 13). Os pacotes utilizados para essas operações foram: *stars*, *raster* e *rgdal*.

Os mapas presentes neste trabalho foram elaborados utilizando o *software QGIS Desktop 3.16.6*, projetados sobre o sistema de referência geocêntrico SIRGAS 2000, projetados 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); e as vias de acesso foram obtidas através do projeto *OpenStreetMap (OSM)*. O limite da FEENA foi obtido junto à Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA/SP). Vale destacar, que apesar da FEENA ter uma área de

2.230,53 ha, segundo o decreto n° 46.819 (SÃO PAULO, 2002), a área adotada neste trabalho foi de 2.221,66 ha, pois este era o limite que constava no *shapefile* fornecido pela SIMA/SP.

Tabela 3. Métricas derivadas de sensoriamento remoto usadas para avaliar regimes de fogo

Métrica	Unidade	Descrição
Contagem de fogo	Frequência	Mapeamento do número total de eventos de incêndio observados ao longo dos 21 anos analisados, obtido a partir da soma de pixels de todos os mapas de queimadas anuais sobrepostos.
Densidade de ignições	Ignições/ha	Número de cicatrizes de queima observadas por ano dividido pela área total de cada local estudado.
Área queimada	ha	Soma do tamanho das cicatrizes de queima de vetores individuais (em hectares) por ano, ou por mês.
Área queimada acumulada	ha	Soma de todos os mapas anuais de áreas queimadas.
Área queimada relativa	%	Proporção entre área total queimada e área total de cada local.
Área queimada acumulada relativa	%	Soma das áreas queimadas relativas ao longo do tempo.
Ano do último incêndio	Ano	Mapa para o ano em que o último incêndio foi observado, produzido pela reclassificação dos valores de pixels queimados no ano de observação e, em seguida, calculando o valor máximo por pixel entre todos os raster anuais sobrepostos.

Fonte: Adaptado de CONCIANI, *et al.* 2021, p. 4.

2.6.2 Chave de fotointerpretação e subsídios para delimitação de cicatrizes

Para realizar a delimitação das cicatrizes de queima, foi elaborada previamente uma chave de fotointerpretação almejando evitar erros no momento da análise. A fotointerpretação é um método que consiste em interpretar fotografias aéreas ou imagens orbitais, objetivando “identificar objetos nelas representados e dar um significado a esses objetos” (FLORENZANO, 2011, p. 51). Segundo Corrêa (2013), o “processo de fotointerpretação

envolve inicialmente a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, finalmente, a descoberta ou avaliação do significado e função dos objetos e suas relações” (p. 34).

A interpretação das imagens orbitais podem ser expressas em chaves de interpretação, estas que possibilitam a descrição das classes identificadas ao longo do mapeamento. Segundo Florenzano (2011), elementos como tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, são observadas "independentemente da resolução e escala, as imagens apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas, ou fenômenos" (p. 52).

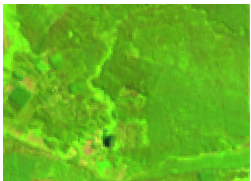
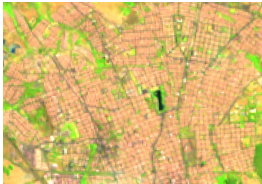
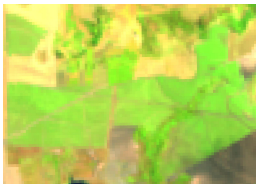
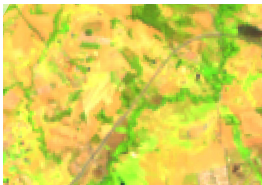
Para a realização da chave de fotointerpretação (figura 9), foi utilizado o mosaico de imagens *Landsat 8*, com a composição das bandas 6, 5 e 4, de setembro de 2020, mosaico encontrado na figura 1. Os elementos utilizados foram os mesmos propostos por Florenzano (2011), menos sombra e altura.

Outras duas ferramentas utilizadas para reduzir dúvidas na delimitação das áreas queimadas, foram os registros de incêndios florestais, da plataforma da *DataGEO* (<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>), e os dados de foco de calor, da plataforma *BDQueimadas* (<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>), do INPE. O *DataGeo*, é um sistema de infraestrutura de dados espaciais ambientais do governo do Estado de São Paulo, que dentre os seus produtos, disponibiliza dados que representam os incêndios florestais notificados via Boletim de Ocorrência de Incêndio (BOI), em Unidades de Conservação, e áreas protegidas no Estado, que estão sobre a ordem do Instituto Florestal, Instituto de Botânica e pela Fundação para a Conservação e a Produção Florestal (Fundação Florestal) (SÃO PAULO, 2022). No *DataGeo*, foram obtidos os BOI's de 2014 a 2021, em formato shapefile, que além de apresentar a coordenada geográfica da ocorrência, dispõem de informações sobre estes eventos, como talhão queimado, tempo de duração do evento, motivo, dentre outros.

Os dados de foco de calor, da plataforma *BDQueimadas* (INPE, 2022c), foram obtidos para o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2021, filtrados para a área de estudo, com dados de focos de todos os satélites disponíveis, podendo ser melhor compreendidos no tópico “conceitos em torno do fogo”. Vale destacar que a plataforma disponibiliza dados a partir de 2012, ou seja, não compreende todo o período analisado nesta pesquisa, assim como os registros disponibilizados pelo *DataGeo*. Outro ponto que vale ser ressaltado, é que estes insumos foram utilizados como um complemento na delimitação manual de cicatrizes de


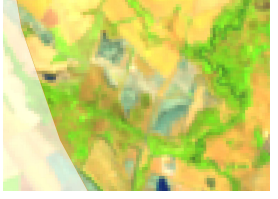
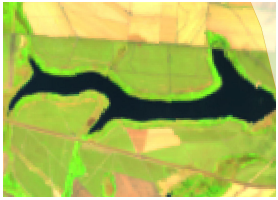
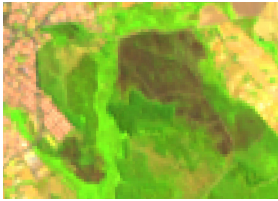
queima, e não como um fator para a tomada de decisão. Sendo assim, estes dados foram utilizados como uma forma de validação do mapeamento realizado.

Figura 9 (1) - Chave de fotointerpretação

Categoria	Cor/tonalidade	Textura	Tamanho	Forma	Padrão	Localização
 Floresta	Cor verde, com predominância de tonalidade escura, podendo variar entre talhões, na FEENA;	Rugosa;	Grande;	Irregular em fragmentos fora da FEENA; dentro da UC apresenta certa regularidade;	Áreas verdes, dispostas em fragmentos, pressionados por agricultura, pastagem, e área urbana;	FEENA no centro da imagem, e fragmentos, sobretudo nas matas ciliares.
 Área urbanizada	Variedade de cores, e tonalidades, predominando coloração alaranjada e acinzentada;	Rugosa;	Grande;	Formas retilíneas e regulares;	Pequenas quadriculas, com linhas retas, representando respectivamente quarteirões e ruas;	Densamente a leste da FEENA, e em menor escala, a sul da UC.
 Agricultura	Diferentes tonalidade de verde claro;	Lisa;	Grande;	Formas retilíneas e regulares;	Formas retilíneas, e textura lisa. Ao longo do ano, a tonalidade oscila em tons de verde claro, passando para marrom, com a colheita.	Forte presença a leste e sul da FEENA.
 Pastagem	Verde claro, e bege;	Lisa;	Médio;	Irregular;	Áreas irregulares; com tonalidades variando ao longo do ano, com verde claro em épocas úmidas, e bege em épocas secas;	Noroeste na área urbana de Rio Claro.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 9 (2) - Chave de fotointerpretação

Categoria	Cor/tonalidade	Textura	Tamanho	Forma	Padrão	Localização
 Solo exposto	Tons de marrom, bege, e cinza;	Lisa;	Varia de pequenas a grandes áreas;	Regulares e irregulares;	Em áreas agrícolas, mudança repentina, em áreas de pastagem evoluindo de forma gradativa. Tonalidade próxima a cicatrizes de queima.	Pode ser encontrada em quase toda área de estudo, menos na área urbana já consolidada, e em formações florestais densas.
 Cavas de mineração	Tons de cinza e marrom;	Rugosa;	Pequeno;	Irregular;	Padrão característico, com vincos no solo, tonalidades de cinza e marrom, podendo ser encontrados pontos azuis, representando lagos formados pelas cavas.	Oeste da área urbana de Rio Claro, próximas a matas ciliares.
 Corpo d'água	Azul escuro, próximo ao preto;	Lisa;	Pequeno, a médio;	Irregular;	Pequenos pontos quando associados a cavas de mineração, e áreas médias, associadas a reservatórios, possivelmente para irrigação de culturas agrícolas.	Predominantemente próximo a cavas de mineração, e culturas agrícolas.
 Cicatrizes de queima	Tons de marrom escuro, podendo se aproximar de tons de preto. Presença de tons esverdeados.	Rugosa;	Pequeno a médio;	Regular e regular;	Geometrias regulares em canaviais, e irregulares em áreas de pastagem, ou na FEENA.	Pode ser encontrada em quase toda área de estudo, menos na área urbana já consolidada, e em formações florestais densas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3. RESULTADOS

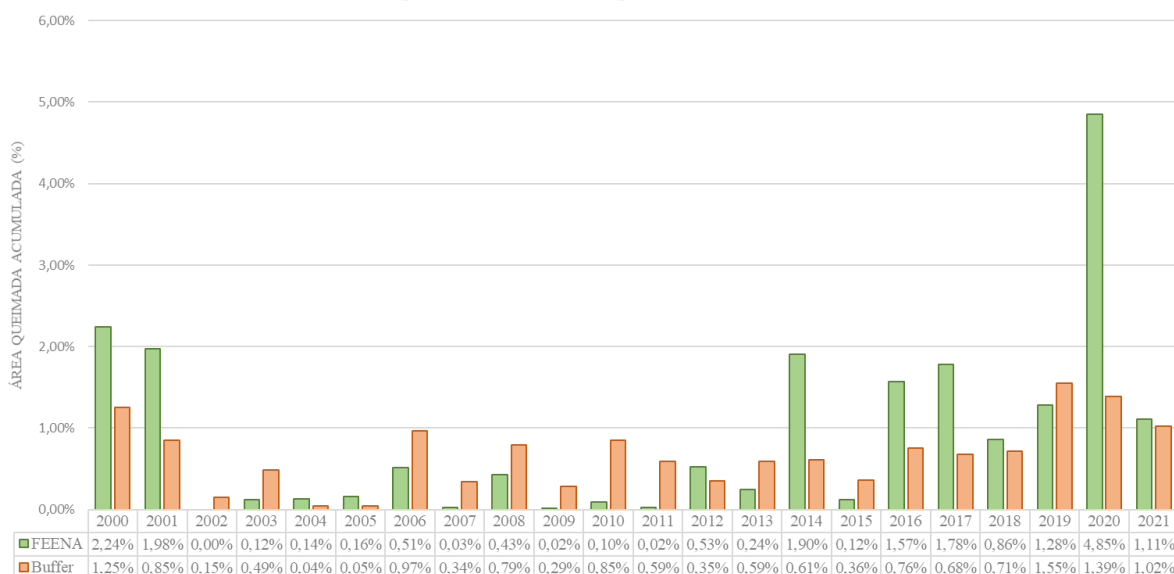
Com base na revisão bibliográfica sobre a área de estudo, e com os dados obtidos com a metodologia empregada, a seguir serão apresentados os resultados adquiridos através da análise de 22 anos de áreas queimadas na FEENA e no seu entorno imediato.

3.1 Variação espaço-temporal do fogo na FEENA e no seu entorno

Ao longo dos vinte e dois anos analisados, foram identificadas 88 cicatrizes de queimas na FEENA, totalizando 19,98% da área total acumulada, o que corresponde a 443,79 hectares. A área média das cicatrizes individuais ao longo do período foi de 5,04 ha, com desvio padrão de 9,20 ha. Já a área média da área anual queimada, no decorrer do período, foi de 20,17 ha, com desvio padrão de 25,68 ha.

Ao longo do período analisado, apenas o ano de 2002 não apresentou queima na UC. Porém, os anos de 2007 e 2011 tiveram área queimada inferior a 1 ha, um número muito baixo, já que a média anual de área queimada foi de 20,17 ha, o que corresponde a 0,91% da área total. Os anos de 2000, 2001, 2014, 2016, 2017, 2019, 2020 e 2021 foram os anos com maior destaque, pois tiveram a área queimada superior a média de 0,91%; sobretudo o ano de 2020, com 4,85% da área queimada acumulada (figura 10). Em setembro de 2020, ocorreu a maior cicatriz observada no período analisado, com área de 72,30 ha, o que correspondeu a 3,25% da área total da FEENA. Esta única queima foi próxima à somatória de área queimada dos três anos anteriores (2017 a 2019), em que a soma correspondeu a 87,16 ha.

Figura 10 - Área queimada acumulada por ano (2000 - 2021)

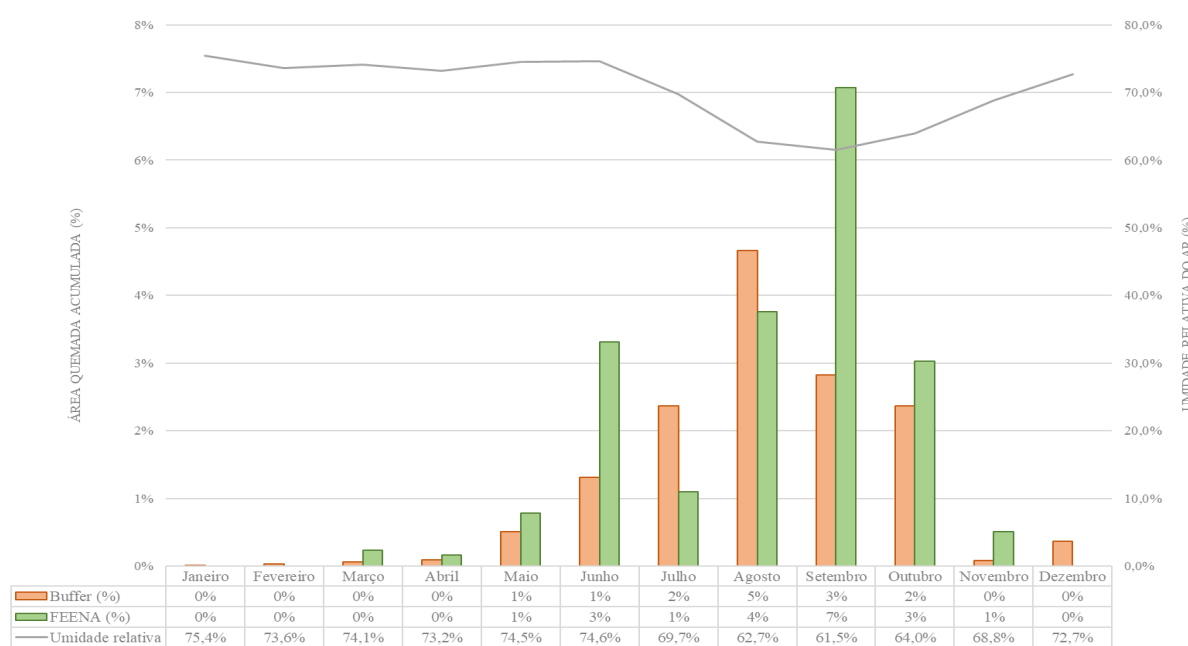


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Está queima ocorreu na região noroeste da FEENA, área que apresenta grande recorrência de eventos com fogo. Como pode ser observado na figura 12-b, esta área está em contato direto com a área urbana do município de Rio Claro, tendo elementos propícios à ignições, como avenida e estrada, e pontos de depósito de lixo. As outras queimas que podem ser observadas ocorreram nas margens da UC, tendo apenas três ocorrências identificadas mais ao interior da floresta.

Conforme observado no figura 11, o período de maior frequência de queimas na UC ocorre entre os meses de junho a outubro. Como apontado no plano de manejo da FEENA, este período é caracterizado no Estado de São Paulo pela baixa umidade relativa do ar, favorecendo a ocorrência de queimadas e incêndios florestais.

Figura 11 - Área queimada, em relação a área total, por meses e umidade relativa do período (2000 - 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

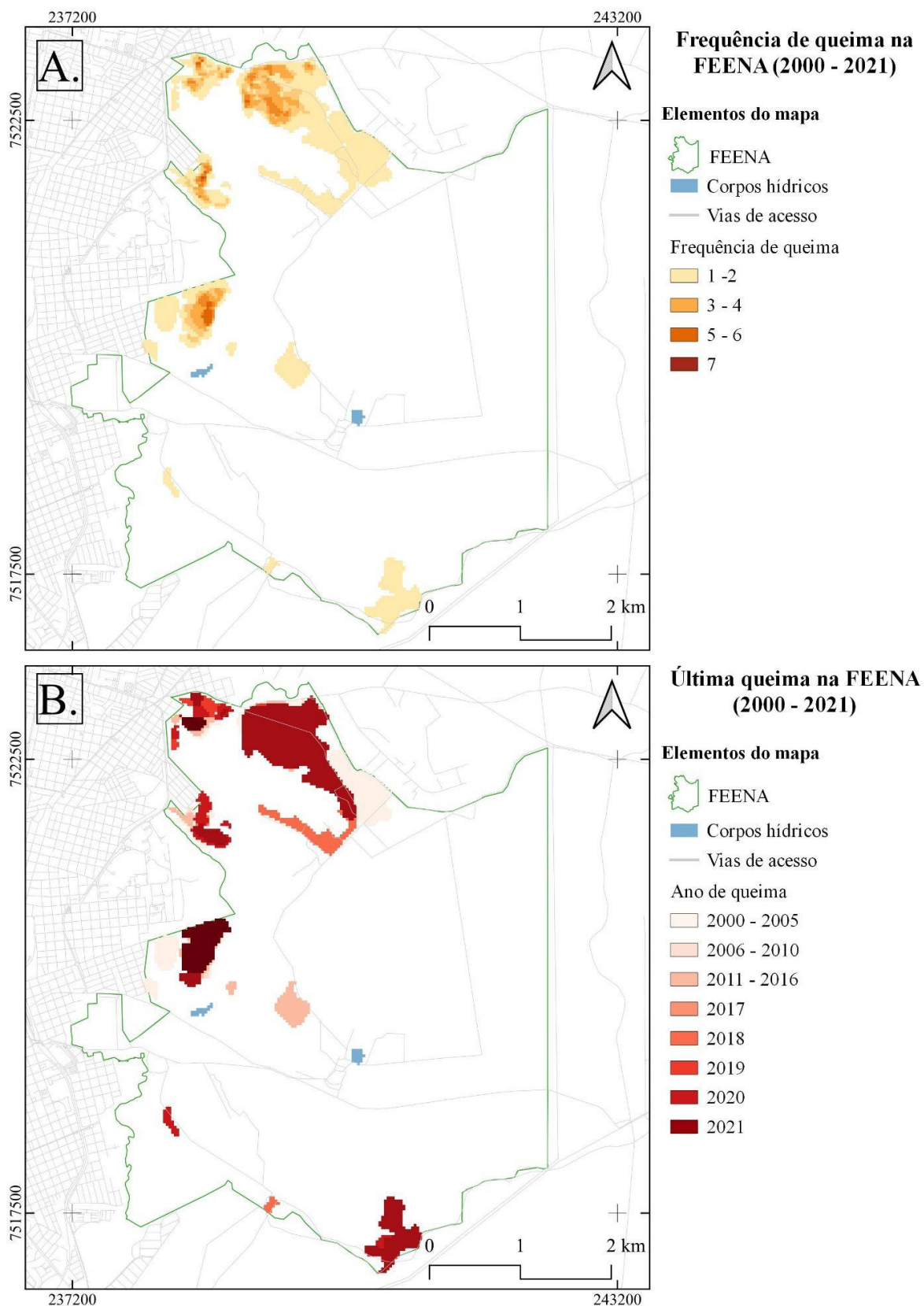
No entorno da FEENA, representado na pesquisa por uma área de sete quilômetros, durante o período analisado foram identificadas 459 cicatrizes de queima, tendo como somatória da área queimada ao longo dos anos 4374,34 ha, o que representa 14,69% de sua área total. A área média de cada cicatriz foi de 9,53 ha, tendo como desvio padrão 13,68 ha.

A média anual da área queimada foi de 198,83 ha, o que correspondeu a 0,67%. Diferentemente do que foi observado na FEENA, todos os anos apresentaram áreas queimadas. Os anos que apresentaram total acumulado superior a média foram 2000, 2001, 2006, 2008, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, e 2021 (figura 11). Ou seja, sete dos dez anos de

destaque vão de encontro com os anos em que a UC também apresentou áreas queimadas superiores à média dos anos totais analisados.

Como pode ser observado na figura 13, a maior frequência de áreas queimadas no buffer ocorrem no entorno das áreas urbanas de Rio Claro e Santa Gertrudes. Além da proximidade com a malha urbana, o predomínio de cicatrizes de queimadas relativamente pequenas podem indicar o foco sendo utilizado como instrumento de limpeza de terrenos. Cicatrizes médias e grandes são encontradas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e pastagens. Também, pode ser observado a recorrência de cicatrizes no terreno pertencente ao campus da UNESP, que faz transição com a FEENA, sendo esta conhecida como uma área de cerrado.

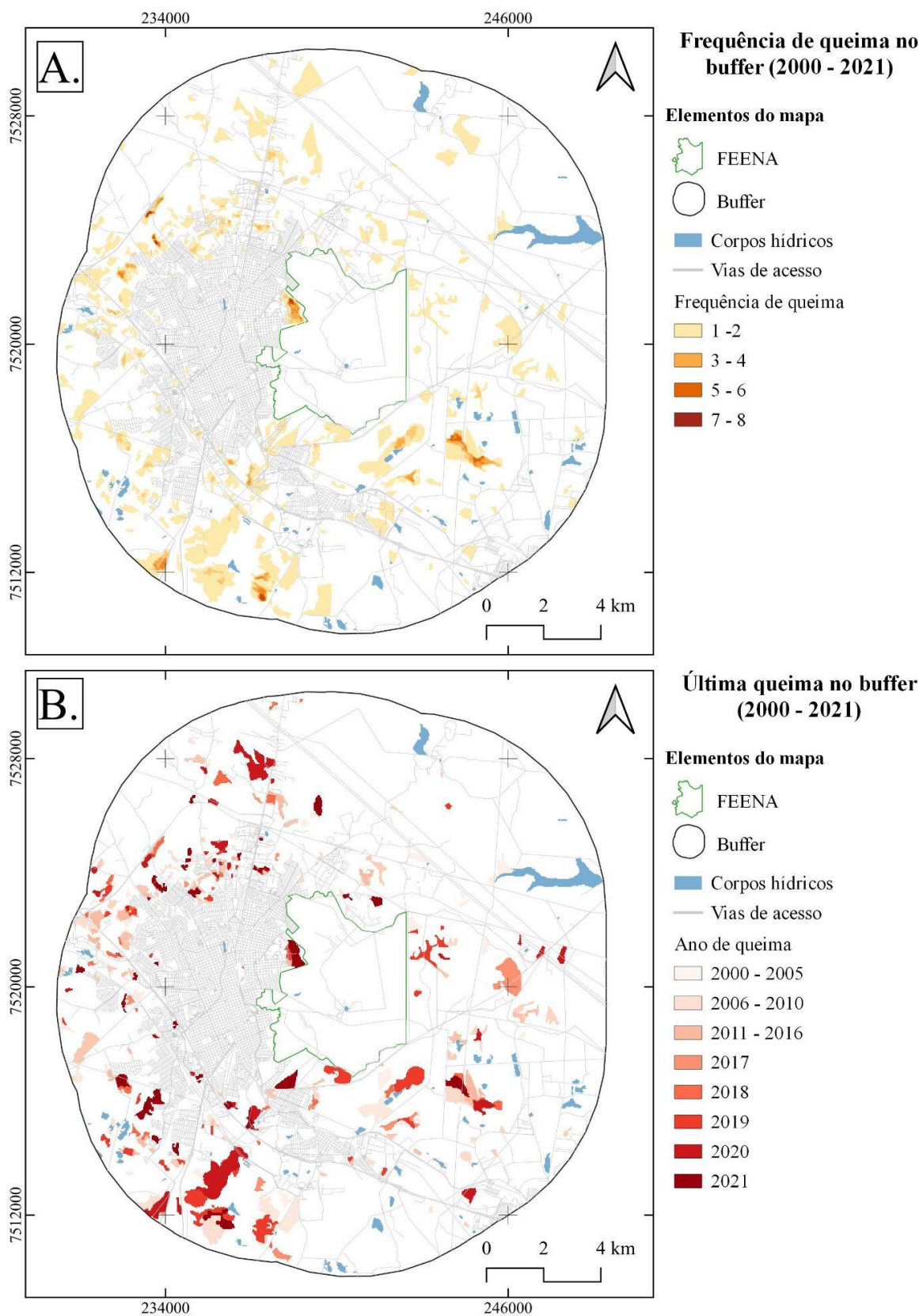
Figura 12 - Mapeamento de áreas queimadas na FEENA (2000 - 2021)



A- Freqüência de queima na FEENA (2000 - 2021); B - Última queima na FEENA (2000 - 2021).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Mapeamento de áreas queimadas na FEENA (2000 - 2021)

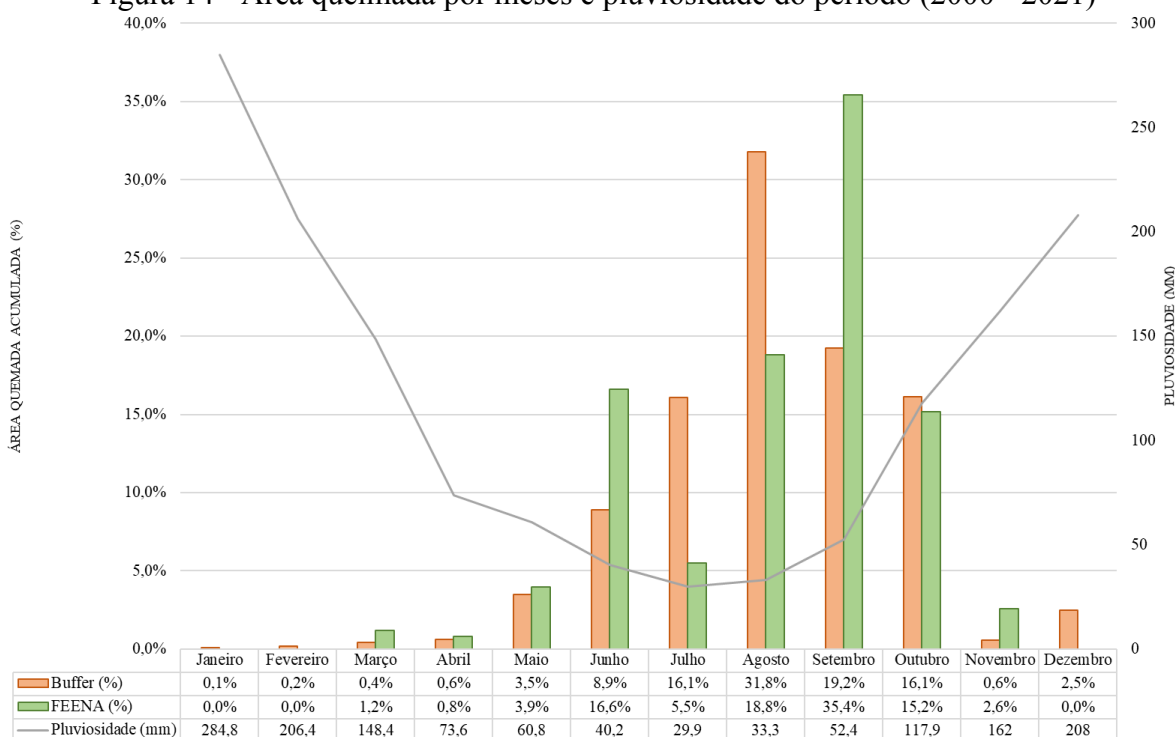


A- Frequência de queima no Buffer (2000 - 2021); B - Última queima no Buffer (2000 - 2021). Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Sazonalidade de queimas

Durante a estação chuvosa, que se estende entre os meses de outubro a março, a FEENA apresentou 15 ignições, totalizando 84,01 ha, o que representa 18,9% do total incendiado na UC (Figura 14). O início da estação chuvosa, ou seja, o mês de outubro se destacou, apresentando 67,3 ha da área queimada nesta estação, representando 15,2% da área incendiada, distribuída em nove (9) ignições. Os meses de maior pluviosidade média do período analisado, sendo dezembro (208,0 mm), janeiro (284,8 mm) e fevereiro (206,4 mm), não apresentaram cicatrizes.

Figura 14 - Área queimada por meses e pluviosidade do período (2000 - 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

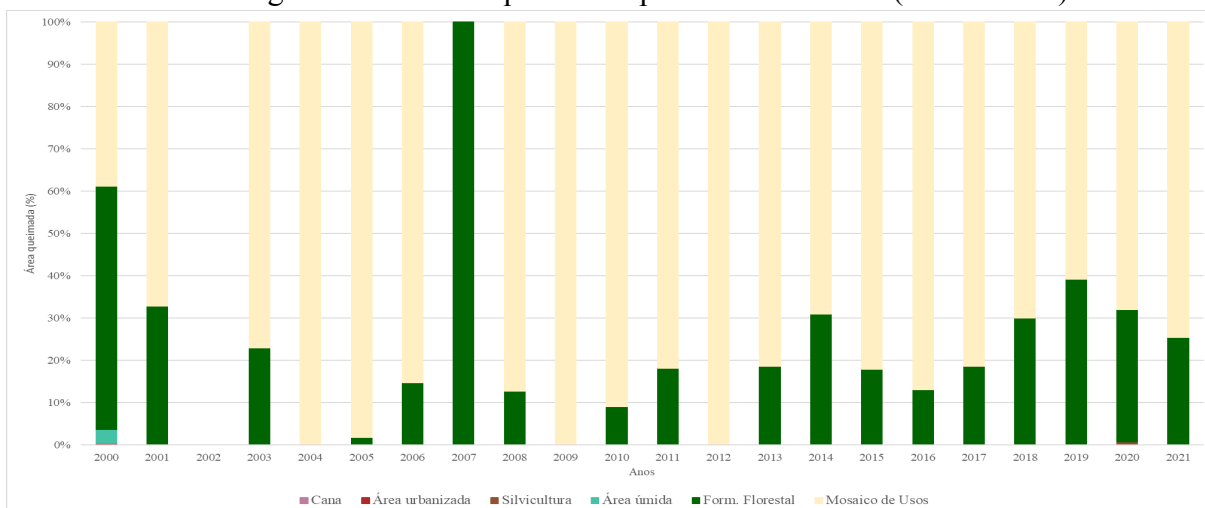
Durante a estação seca (abril a setembro), foram identificadas 73 cicatrizes, totalizando 359,78 ha, representando 81,1% do total incendiado na FEENA. Durante a estação seca, ocorrem dois picos de áreas queimadas, sendo o primeiro em junho, e o segundo no final da estação, nos meses de agosto e setembro. Apesar de agosto ter concentrado o maior número de ignições (25), com área incendiada de 18,8% (83,47 ha), o mês de setembro apresentou um número menor de ignições (19), porém queimando 35,4% (157,2 ha), ou seja, quase o dobro da área incendiada no mês anterior. Como destacado anteriormente, a maior cicatriz registrada no período estudado (72,30 ha), ocorreu no mês de setembro, corroborando para o pico ser registrado neste mês.

No *buffer*, durante a estação chuvosa foram identificadas 67 cicatrizes de queimadas, totalizando 869,16 ha, o que corresponde a 19,9% do total queimado no *buffer*. Diferente da FEENA, o *buffer* apresentou cicatrizes em todos os meses da estação chuvosa, porém os meses de janeiro e fevereiro apresentaram um total de quatro cicatrizes, sendo duas em cada mês, que somadas apresentaram 0,3% da área queimada (11,37 ha). Para a estação seca, ocorreram 392 ignições, totalizando 3.505,18 ha queimados, 81,1% do total queimado na área do *buffer*. Assim como na FEENA, o pico de ignições ocorreram nos meses de agosto e setembro, ou seja, no final da estação seca - uma característica comum em áreas com regime de fogo alterado. Outro padrão identificado, é que assim como na FEENA, o maior número de ignições ocorreu no mês de agosto, com 136 cicatrizes.

3.3 Áreas queimadas e uso e ocupação

Através da plataforma *GEE*, foi calculada a área anual queimada de cada classe de uso e ocupação da terra, com base na coleção 7 do *Mapbiomas*. Ao longo dos 22 anos analisados, 29% das áreas incendiadas na FEENA correspondem a classe “formação florestal”; e 70% a classe “mosaico de uso”, que pode ser interpretada na FEENA como áreas degradadas, com elevada presença de gramíneas africanas. O 1% restante, foi apontado por diferentes classes, como área úmida, área urbanizada, cana-de-açúcar, pastagem, e silvicultura, podendo indicar uma contaminação de pixels durante a vetorização das imagens, ou da própria classificação do *Mapbiomas*. Por representar menos de um por cento, mais precisamente 0,7% da área total, essas áreas não foram consideradas na análise para a UC. Na figura 15, podem ser analisadas as classes queimadas em cada um dos vinte e dois anos, dentro da FEENA.

Figura 15 - Classes queimadas por ano na FEENA (2000 - 2021)

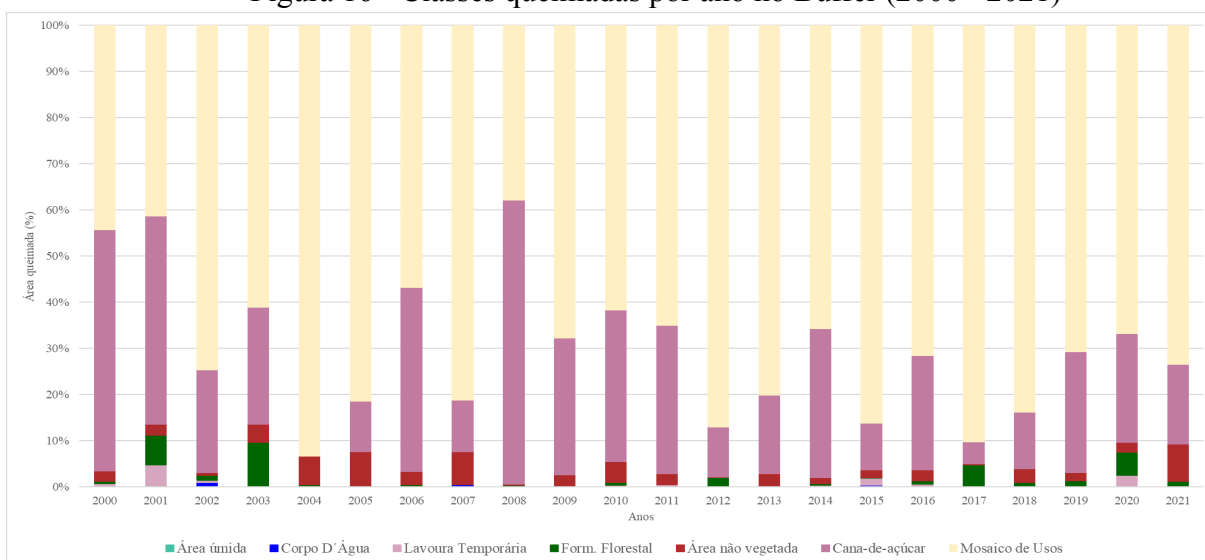


Fonte: Coleção 7, *Mapbiomas* (2022). Elaborado pelos autores (2022).

Apesar das áreas já degradadas representarem a maior recorrência de classe queimada na UC, o fogo não se concentra apenas nestas áreas afetando a formação florestal presente, sobretudo o seu sub-bosque, sensível ao fogo. A recorrência do fogo além de poder dizimar o sub-bosque, propicia a proliferação de espécies de gramíneas (COSTA; MELO, 2018; MELO; DURIGAN, 2010). Em estudo sobre a regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual, Melo e Durigan (2010), apontam que as gramíneas apresentam elevada taxa de crescimento, competindo “de maneira muito efetiva com as espécies arbóreas em regeneração natural nas áreas de borda de fragmentos florestais” (p. 42). Os autores ainda destacam que além de prejudicar a germinação e o recrutamento das espécies arbóreas, as gramíneas exóticas “disponibilizam material combustível no inverno, quando secam, deixando a área predisposta a novo evento de incêndio, em um processo constante de retroalimentação” (MELO; DURIGAN, 2010, p. 42).

No *Buffer*, as principais classes queimadas foram mosaico de usos, com 62%, seguido da classe de cana-de-açúcar (27%), pastagem (5%), área não vegetada (3%), formação florestal (2%), e lavoura temporária (1%). Também foram identificadas as classes de área úmida e corpo d’água, ambas inferiores a 1%, podendo indicar contaminação do pixel. As classes queimadas anualmente no entorno da FEENA podem ser observadas na figura 16.

Figura 16 - Classes queimadas por ano no Buffer (2000 - 2021)



Fonte: Coleção 7, *Mapbiomas* (2022). Elaborado pelos autores (2022).

3.4 Relação entre vias públicas e áreas queimadas

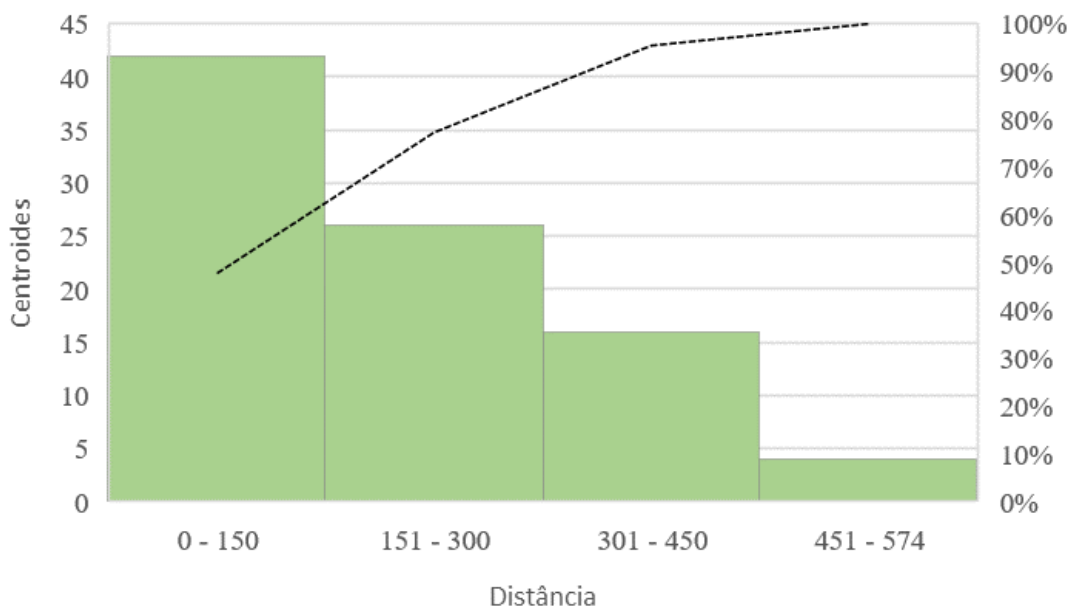
Como apontado por Torres *et al.* (2014), “áreas próximas às vias públicas e aglomerações urbanas tendem a ser mais suscetíveis ao início de ocorrências de fogo” (p.

815), devido às diferentes atividades antrópicas, que podem ser gerados por simples descuido ao uso doloso do fogo. Vias de acesso, tais como rodovias, podem ser consideradas os potenciais vetores de ocorrência de queimadas acidentais/criminosas, sobretudo durante a estação seca (CONCIANI *et al.*, 2021).

Desta forma, objetivando encontrar uma relação entre a distância das áreas queimadas para as vias de acesso, foram utilizando dados do *OpenStreetMap (OSM)*, baixados dados vetoriais referentes à área de estudo. Com o *shapefile* de vias, se calculou a menor distância entre estas linhas, e os centróides das cicatrizes identificadas, tanto para a FEENA, quanto para o buffer, através da ferramenta *near*, presente no *software ArcMap 10.5*.

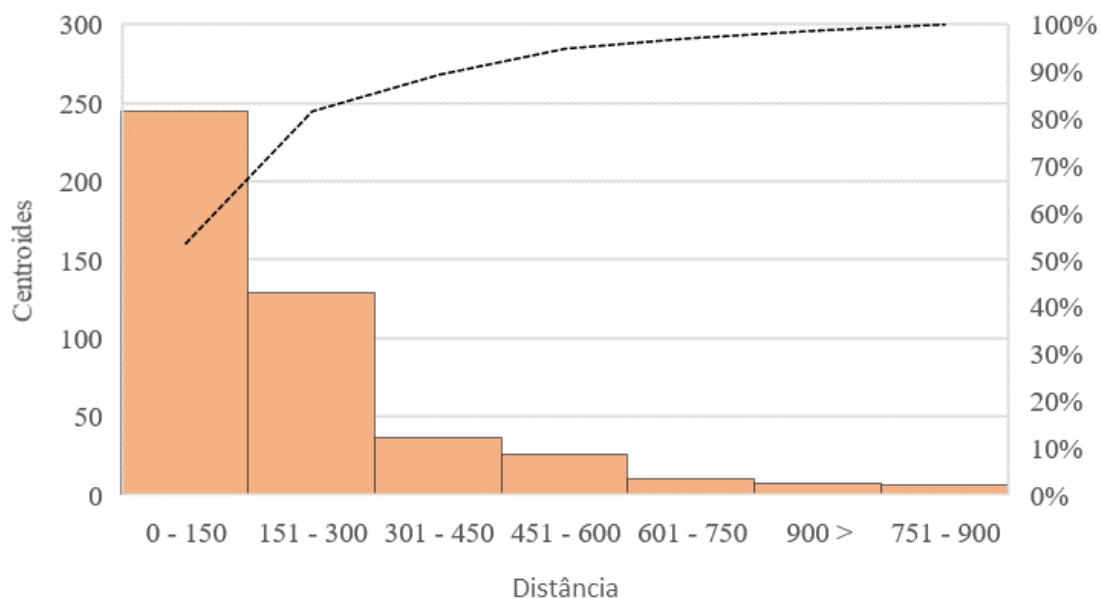
Como pode ser analisado nas figuras 17 e 18, quanto mais próximo das vias de acesso, maior a quantidade de cicatrizes encontradas no período, sobretudo entre 0 à 300 metros, em que na FEENA representaram 78%, e no buffer 81%. Pode-se observar de forma mais clara este padrão ao se analisar separadamente as duas primeiras classes. Entre 0 a 150 metros, a FEENA apresentou 48% das cicatrizes, enquanto no buffer 53%. Entre 151 a 300 metros, FEENA apresentou 30% das cicatrizes, enquanto no buffer 28%.

Figura 17 - Distância entre centróides de área queimada e vias de acesso na FEENA.



Legenda: As barras representam a frequência de centróides em cada intervalo de distância e têm seus valores associados ao eixo-y no lado esquerdo. A linha representa a frequência relativa acumulada por intervalo de distância e tem seu valor associado ao eixo-y direito. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

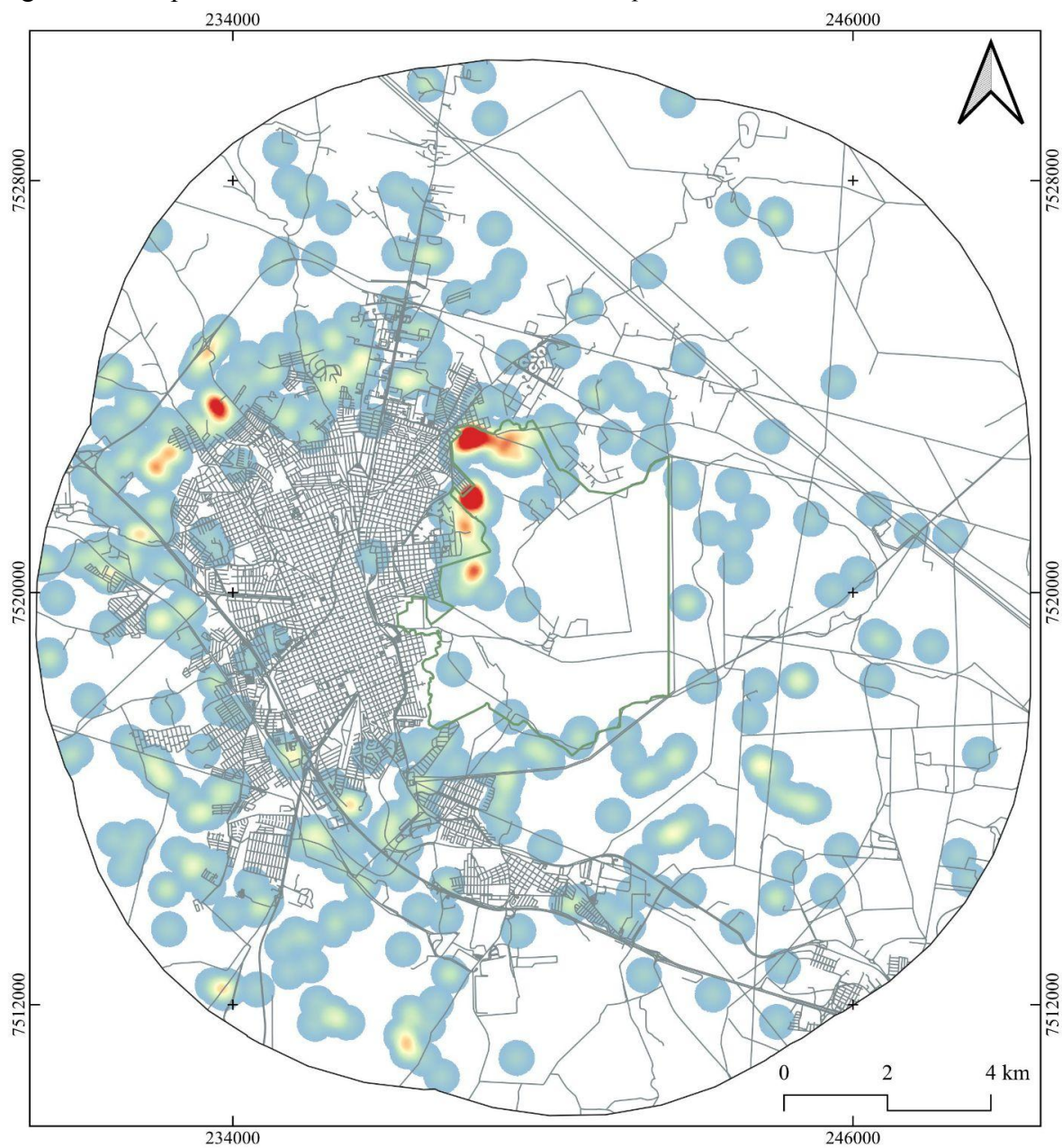
Figura 18- Distância entre centróides de área queimada e vias de acesso no *Buffer*.



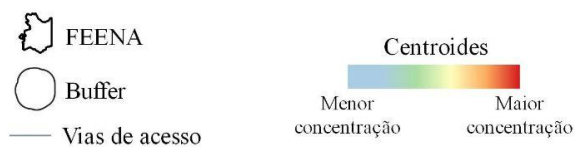
Legenda: Idem à figura anterior. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Através do mapa de calor (figura 19), com os centróides normalizados com mais de trezentos metros, a relação entre distância e ocorrência de fogo fica mais clara. Como pode ser observado, quanto maior a densidade de centróides de queima, mais próximo das vias de acesso estas estão, representadas no mapa com tonalidade vermelha. Na FEENA, a região norte apresenta a maior recorrência, área esta que está mais próxima do perímetro urbano, e de importantes vias de acesso entre bairros. Fora da UC, é possível observar a concentração de cicatrizes nas áreas lindeiras a rodovias, e em toda área periurbana dos municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes.

Figura 19 - Mapa de calor: Distância entre centróides de queima e vias de acesso na área de estudo



Elementos do mapa



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4. DISCUSSÃO

Nesta seção, com base nos resultados obtidos, são discutidos os fatores que levam à grande recorrência de incêndios na FEENA, está uma Unidade de Conservação com uso restrito ao fogo.

4.1 Sazonalidade do fogo

Jesus *et al.* (2020), em estudo sobre a incidência temporal e espacial do fogo nos biomas e nas unidades de conservação do Brasil, entre 2003 a 2017, evidenciaram a ocorrência de sazonalidade do fogo em todos os biomas brasileiros, marcado pela ocorrência de focos de calor entre os meses de junho a dezembro, com o pico no mês de setembro na maioria dos biomas. Esta sazonalidade indica a “influência das condições climáticas no padrão temporal, bem como serem as épocas de maiores atividades do homem sobre as áreas vegetadas” (JESUS *et al.*, 2020, p. 189).

Em função do Cerrado apresentar estudos mais desenvolvidos sobre a relação do bioma com o fogo, e a área de estudos apresentar remanescentes deste bioma, adotamos estas investigações como referência para entender a sazonalidade das ignições. Neste bioma, os picos de ocorrência de fogo ocorrem nas transições de estação, sendo no final da estação chuvosa (março), ocorrendo através de queimadas naturais, normalmente desencadeadas por raios; e no final da estação seca (setembro), decorrentes de causas antrópicas, em um período com maior probabilidade de ignição devido ao acúmulo de biomassa seca (ARCHIBALD, 2010; COUTINHO, 1990; RAMOS-NETO; PIVELLO, 2000; ALVARADO *et al.*, 2017; *apud* CONCIANI, 2017). Ainda conforme Ribeiro e Figueira (2011), os efeitos dos incêndios naturais no cerrado são mais raros, ocorrendo entre 3 a 4 anos, tendo “sobre a flora e fauna nativas são muito distintos daqueles decorrentes de causas antrópicas, (habitualmente na estação seca, mais frequentes, intensos e extensos)” (COUTINHO 1976, 1982, 1990, 1994, HOWE 1994, BOND & WILGEN 1996, HOFMANN 1996, 1999, WHELAN 1997, MYERS 2000; *apud* RIBEIRO; FIGUEIRA, 2011, p. 217).

Nesta semelhante linha de investigação, é apontado por Conciani *et al.* (2021), em estudo sobre como as interações homem-clima moldam regimes de fogo no Cerrado no Estado de São Paulo, afirmam que este território apresenta raros incêndios naturais devido a grande presença de para-raios, que atrelado aos fatores de uso da terra no entorno das unidades analisadas e o pico de áreas queimadas no final da estação seca, permite apontar que a maioria dos incêndios observados foram causados por humanos.

Como exposto no tópico “sazonalidade de queimas”, a FEENA e o *buffer* apresentaram um padrão muito próximo, com incêndios florestais e queimadas no final da estação seca. Este padrão vai de encontro com as ocorrências apontadas por Jesus *et al.* (2020), e Conciani *et al.* (2021), indicando que o fogo na UC analisada pode ter como origem as atividades antrópicas na floresta e no seu entorno. Para Mistry e Bizerril (2011), a maioria dos incêndios em áreas de proteção tem origem antrópica, e iniciada fora dos limites das unidades de conservação, defendendo assim, que o manejo do fogo nestas áreas somente será efetivo através do entendimento do uso do fogo nas paisagens circunvizinhas às áreas protegidas. Desta forma, a seguir nos debruçamos a analisar o fogo no entorno da FEENA.

4.2 O uso do fogo no entorno da FEENA

Como pode ser observado na figura 5, o *buffer* apresenta baixa vegetação natural, tendo uso predominantemente antrópico. Dentre estes usos, a segunda maior classe presente no buffer corresponde a mosaico de uso, esta que pode ser entendida como áreas degradadas, que podem apresentar rotação de usos, como pasto e práticas agrícolas. Estas áreas, ao longo dos vinte e dois analisados, apresentaram a maior área acumulada de queimadas entre as classes identificadas, com 62%. Estas áreas queimadas estão sobretudo distribuídas no entorno das áreas urbanas dos municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, ou seja, nos espaços periurbanos, que estão na transição entre as áreas urbanas e as áreas rurais.

O uso do fogo apresenta um aspecto cultural, utilizado em práticas agrícolas e sociais, sendo uma antiga ferramenta de manejo da terra e na conversão das paisagens (MISTRY; BIZERRIL, 2011). Segundo Mistry e Bizerril, “incêndios iniciados em propriedades rurais são ligados às atividades agrícolas, independente do ecossistema em que estão inseridos”, utilizando o fogo para o “plantio, para combater pestes e ervas daninhas, ou ainda para estabelecer e renovar pastos” (2011, p. 41 - 42).

Nas áreas urbanas, o fogo costuma ser utilizado em: “(i) fundo de quintais, (ii) terrenos e áreas abandonadas que servem de depósitos clandestinos de lixo, e (iii) lotes sem construção com vegetação de pequeno e médio porte” (SILVA & SILVA, 2006; *apud* MACHADO; SILVA; BIUDES, 2014, p. 460). As queimadas também são empregadas nas “margens dos córregos devido à proximidade das casas, visando evitar o aparecimento de animais peçonhentos, bem como aumentar a segurança do local”, e em “bairros que recentemente iniciaram o processo de loteamento e/ou em bairros que apresentam terrenos em processo de especulação imobiliária” (ASSIS; LUCAS, 2018, p. 37).

Por ser uma matriz densamente antropizada, nota-se que as cicatrizes apresentam geometrias fragmentadas e regulares. A fragmentação da paisagem através da formação de aceiros, infraestrutura urbana, ferrovias e estradas explica estas geometrias encontradas (ANDELA; VAN DER WERF, 2014; *apud* CONCIANI *et al.*, 2021). Quanto menor essa fragmentação por vias de acesso, observa-se que as cicatrizes apresentam extensões maiores. Estas áreas de maior extensão foram na classe de cana-de-açúcar, que corresponde a 30,89% da área de estudo, e foi a segunda classe que mais queimou ao longo dos vinte e dois anos, representando 27% do acumulado para a área.

A colheita da cana-de-açúcar é composta por três fases, sendo estes “o corte propriamente dito, o carregamento do produto cortado em veículos próprios ou adaptados e o seu transporte até as usinas para o processamento industrial” (BACCARIN, 2019, p. 144). Até a década de 1990, o corte era realizado de maneira totalmente manual, tendo a implementação das queimadas a partir da década de 1960, como forma de se realizar a despalha da cana, e assim maximizar o rendimento no momento do corte (BACCARIN, 2009).

Além do ganho de produtividade, o uso do fogo antes da colheita, promovia outros benefícios, como: controle de pragas e doenças; eliminação de animais peçonhentos; redução de acidentes de trabalho; e redução nos custos de corte, carregamento, transporte e processo industrial (ROSEIRO, TAKAYANAGUI, 2004; BARROCAS, 2011; *apud* GABELINI, 2015). Porém, as queimadas nos canaviais desencadeiam uma série de malefícios, como aumento da susceptibilidade à erosão do solo, perda de matéria orgânica, e consequente queda na produtividade; poluição atmosférica; e impactos à saúde, com o aumento de doenças respiratórias nas populações próximas a esta prática (MATAVELI *et al.*, 2014). Outras consequências das queimadas da cana-de-açúcar são a

morte de animais e plantas promovendo o desequilíbrio ecológico, invadem áreas de nascentes circundadas por vegetação ciliar, atingem acidentalmente ou não as áreas de preservação permanente, destruindo florestas inteiras, sujam casas, causam cortes de fornecimento de energia elétrica e impedem a visibilidade em estradas provocando acidentes. (ROSEIRO; TAKAYANAGUI, 2004, p.80; *apud* GABELINI, 2015, p. 51).

Devido a estas questões, Baccarin (2019) aponta que a sociedade civil passou a exercer pressão para o fim da prática da queima da cana, devido às questões ambientais, e de saúde, por parte dos cortadores e população das cidades canavieiras. Assim, foram desenvolvidas legislações e normas nos âmbitos federal e estadual, que estabeleciam o fim gradativo do manejo do fogo em canaviais (BACCARIN, 2019).

No Estado de São Paulo, a Lei 11.241/2002, estipulou um cronograma para a eliminação gradativa da queima nos canaviais, com prazo final em 2021 para áreas mecanizáveis, com declividade igual ou menor a 12%, e em 2031 para áreas não mecanizáveis, com declividade superior a 12%, e imóveis menores que 150 hectares (ha), conforme a tabela 4 (MATAVELI et al., 2014). Para atingir este objetivo, em 2007, o poder público de São Paulo, representado pela Secretarias Estaduais do Meio Ambiente (SEMA) e da Agricultura e Abastecimento (SAA), firmaram um acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), representante das agroindústrias. Neste acordo, expresso pelo Protocolo Etanol Mais Verde, ficou estabelecido “que a prática da queima da palha da cana-de-açúcar deve ser gradativamente reduzida até sua completa eliminação em 2017 para áreas não mecanizáveis e até 2014 em áreas mecanizáveis” (MATAVELI et al., 2014, p. 381).

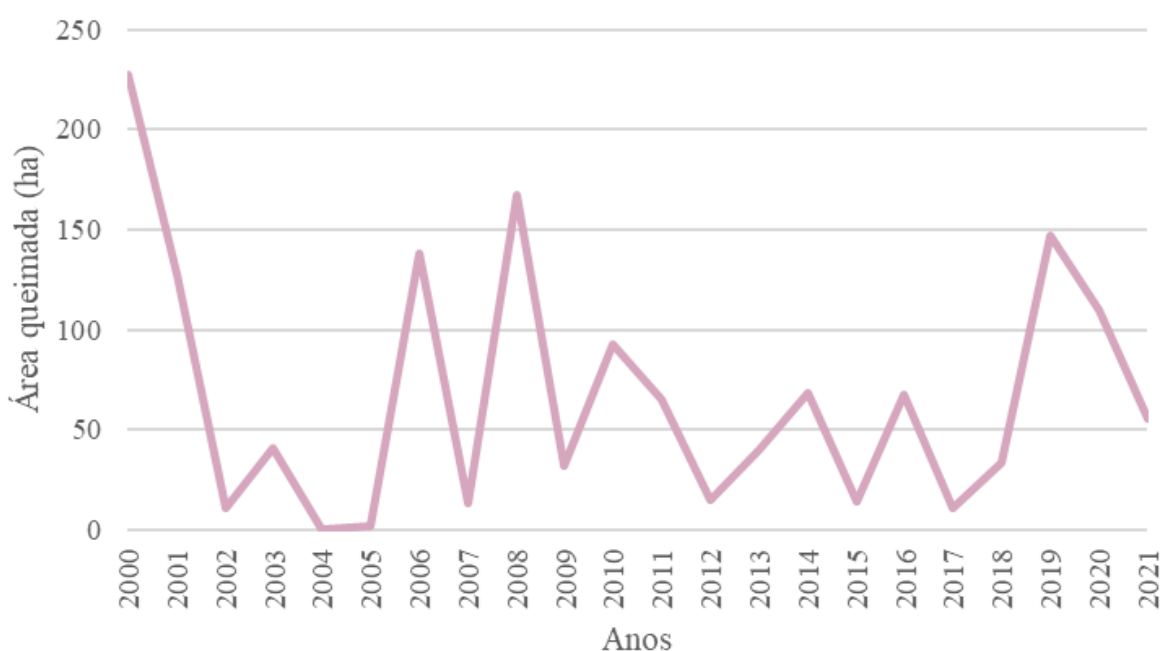
Tabela 4 - Cronograma para eliminação gradativa do fogo na pré-colheita de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

ANO	ÁREA MECANIZÁVEL ONDE NÃO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
1° ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5° ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10° ano (2011)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15° ano (2016)	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20° ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima
ANO	ÁREA NÃO MECANIZÁVEL, COM DECLIVIDADE SUPERIOR A 12% E/OU MENOR DE 150 ha (cento e cinquenta hectares), ONDE NÃO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
10° ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15° ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20° ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25° ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30° ano (2031)	100% da área cortada	100% da queima eliminada

Fonte: Adaptado da Lei estadual 11.241/2002.

Ao longo dos vinte e dois anos, através da figura 21, é possível observar que o ano de 2000 foi o que apresentou a maior área queimada de cana-de-açúcar, com 227 hectares. Posterior a este ano, houve considerável redução, voltando a apresentar um novo pico em 2006, intercalando anos de baixa área queimada, com anos de alta. Mesmo com o acordo exposto, é possível observar que não houve uma relação direta entre a lei e a extinção do fogo na área de estudo, ainda ocorrendo áreas queimadas após os anos de 2014 e 2017. Apesar da redução, como visto na figura 21, a queima de canaviais foi significativa comparada às classes queimadas no entorno da FEENA. Diferentes elementos podem ser utilizados para explicar esta presença, como o uso do fogo em propriedades menores que 150 ha, ou mesmo o fogo de forma acidental ou criminoso nestas áreas. O fogo nos canaviais é intenso, e a depender das condições climáticas, e do tamanho do talhão, o fogo pode durar entre 20 e 30 minutos, ou seja, é rápido e de difícil controle (GABELINI, 2015). Para obter respostas quanto a efetividade desta política há a necessidade de estudos voltados a esta questão no estado de São Paulo.

Figura 20 - Área queimada (ha) de cana-de-açúcar entre 2000 e 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Apesar da cultura canvieira fazer fronteira com a FEENA, durante o período estudado, em relação ao fogo, devido a cuidados de manejo, está não se constituiu a maior pressão sobre a floresta - contudo, por ser cortada por estradas e aceiro, contribui para o deslocamento e acesso de pessoas, que podem eventualmente causar incêndios. Além disso,

diferente do que ocorreu na parte oeste da UC, com perda de território com a expansão urbana, o mesmo não ocorreu na parte leste, com estas atividades agrícolas (DIOTTO, 2021). Conquanto, estudos como de Machi e Cunha (2006), apontam que a monocultura de cana-de-açúcar e pastagens no entorno da UC, atrelado a fragilidade litológica da área, tem potencializado os processos morfogenéticos da área, além de impactar os cursos hídricos presentes na floresta (REIS *et al.*, 2005).

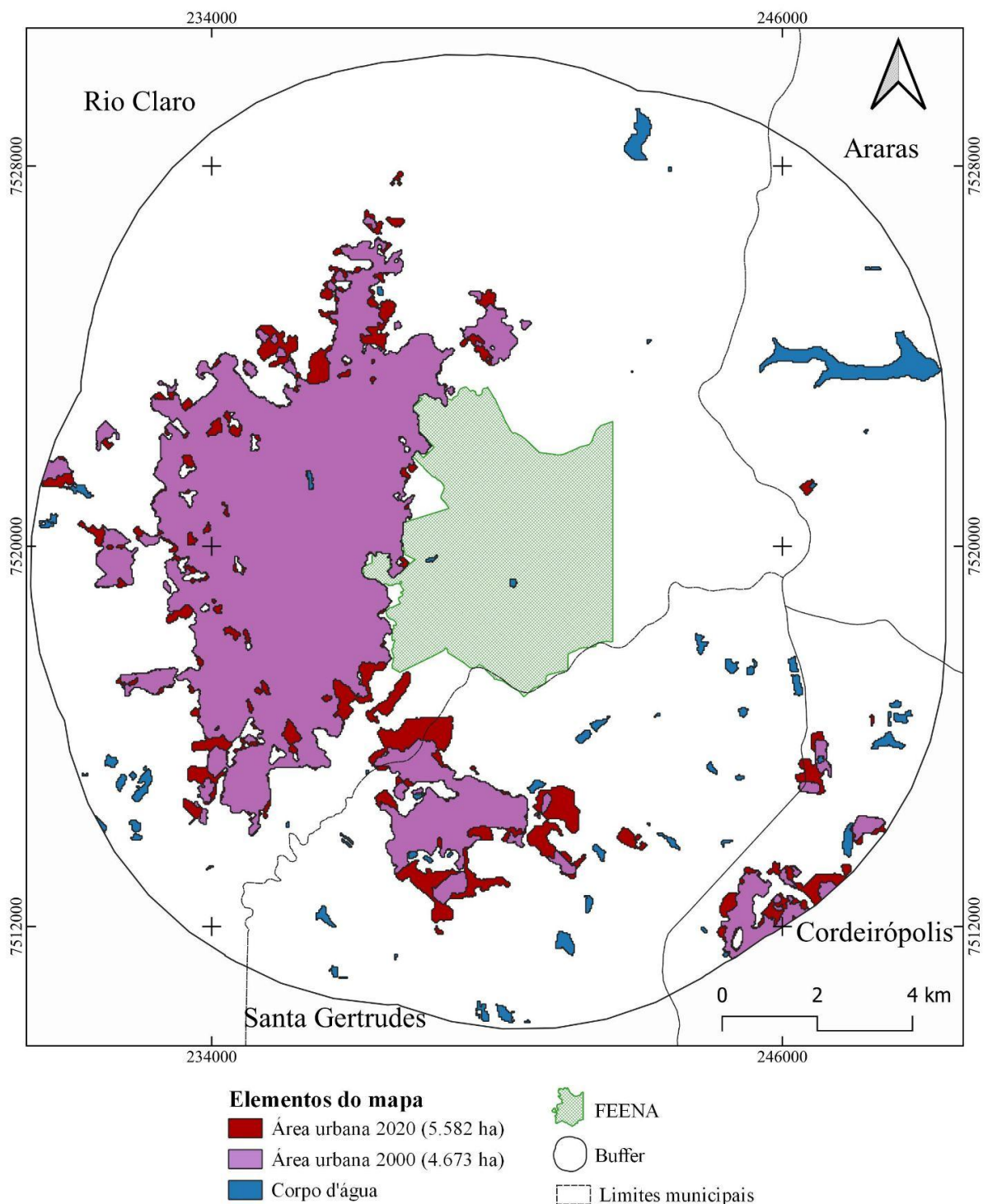
4.3 A pressão da área urbana sobre a FEENA

A área urbana é a terceira classe de maior presença na área de estudo, totalizando 17,37%. Como visto anteriormente, a expansão urbana do município de Rio Claro exerceu grande pressão sobre o até então Horto Florestal, levando à supressão de 782,9 ha de sua área original entre 1917 e 1996 (DIOTTO, 2021). Dez anos antes da criação desta unidade de conservação, a área perdeu 20 ha para a criação dos bairros Vila São José, em 1992, e Oreste Armando Giovanni, em 1996 (DIOTTO, 2021).

Apesar da criação da UC ser um passo importante para a preservação da floresta, e não permitir mais a perda do território para as culturas ao entorno da FEENA, a expansão urbana permanece sendo uma ameaça. Entre 2000 e 2020, a área urbana na área de estudo cresceu em 19,45%. Como pode ser visto na figura 22, parte dessa expansão se deu próxima a região do sul da FEENA, com destaque ao bairro Vila do Horto Florestal, formado por um condomínio residencial de alto padrão, está em contato direto com o limite da unidade de conservação, adentrando a zona de amortecimento estabelecida no Plano de Manejo de 2005.

Miranda (2015), em estudo sobre os registros de incêndios em vegetação no município de Rio Claro, entre 2009 e 2013, apontou que neste período entre os bairros que apresentaram constantes ocorrências de incêndios destacam-se a Vila Bela Vista, Vila São Miguel, Vila Industrial, Conjunto Habitacional Oreste Armando Giovanni, Vila do Horto Florestal e Bairro Cidade Nova, estes que fazem divisa com a FEENA. Segundo Torres *et al.* (2014), o ambiente físico (declividade, exposição das vertentes, uso e ocupação do solo) é um elemento importante para se entender o comportamento do fogo, porém este só terá início através de um agente causador, que em sua maioria é antrópico. Como apontado por Miranda (2015), na extensão entre a área urbana e a FEENA, é possível encontrar diferentes elementos potenciais a fonte inicial de calor, como podas de árvores, “lixo espalhado, queimadas, campos de futebol improvisados e ocupações irregulares, favorecendo a ocorrência de incêndios por parte da população que utiliza o fogo para ‘limpar terrenos’, eliminar lixo acumulado ou para afugentar animais peçonhentos” (MIRANDA, 2015, p. 47).

Figura 21 - Expansão da área urbana na área de estudo, entre 2000 e 2021



Fonte: Coleção 6, *Mapbiomas* (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Em visita realizada à FEENA, próximo ao bairro Jardim São Miguel, em julho de 2022, foi possível constatar os elementos apontados por Miranda (2015). Como pode ser observado nas imagens da figura 23, diferentes pontos ao longo da UC apresentam o descarte irregular de resíduos, tendo desde lixo doméstico, até pneus e sofás. Mesmo com placas que

alertam sobre a proibição de se depositar entulho na área, assim como atear fogo, e a necessidade se preservar a natureza, tais avisos não são respeitados, tendo o depósito de lixo próximo a estas placas, além de se notar resquícios do fogo, com cinzas e troncos de árvores queimadas.

Figura 22 - Descarte irregular nas margens da FEENA.



Fonte: Imagens registradas pelo autor (2022).

Um fator que merece destaque diante desta situação é que a menos de 500 metros de um dos pontos em que as imagens foram registradas, está instalado o Ecoponto do Jardim São Miguel. A prefeitura de Rio Claro dispõe de seis ecopontos, estes que são locais disponibilizados à população para o descarte voluntário de resíduos volumosos, podas de árvores e resíduos recicláveis (OLIVEIRA, 2016). Segundo Oliveira (2016), o fator de decisão para o local de instalação da maioria dos ecopontos é o histórico de deposição irregular de resíduos.

Além dos ecopontos, o município de Rio Claro dispõe dos serviços de coleta regular de resíduos sólidos domiciliares, coleta seletiva de materiais recicláveis, o que segundo o

Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Rio Claro - PMGIRS (2014), faz com que o município apresente 99% de coleta de resíduos sólidos domésticos (OLIVEIRA, 2016). Este dado, atrelado ao que foi observado na FEENA, sugere a necessidade de conscientizar a população quanto ao descarte incorreto de resíduos, já que há mecanismo para o descarte correto destes; e maior efetividade do serviço de coleta nesta área de fragilidade ambiental.

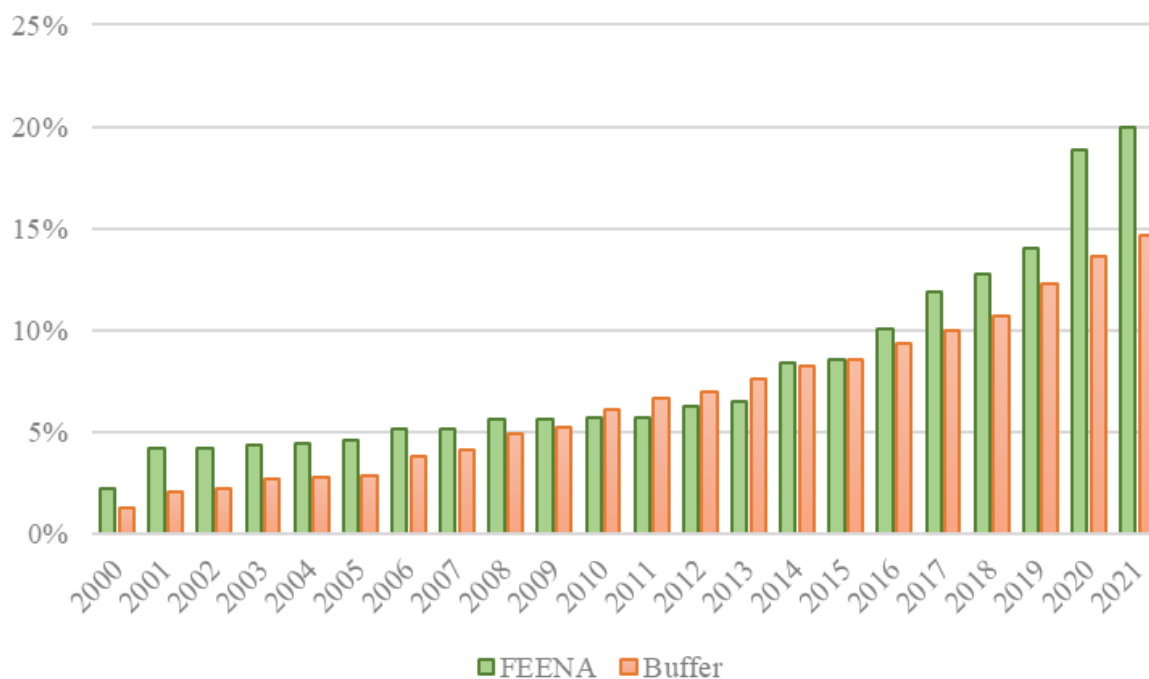
4.4 A necessidade de novos caminhos

As ações humanas ao longo do tempo tem causado grandes transformações no meio natural. Como forma de amenizar as ameaças à conservação da biodiversidade, as Unidades de Conservação surgiram como ferramenta na preservação de amostras significativas de diversos ecossistemas, assim “assegurando a sobrevivência das espécies e a manutenção dos processos ecológicos” (VITALLI; ZAKIA; DURIGAN, 2009, p. 67). O caminho para a manutenção destes processo é expresso no Plano de Manejo, sendo este um documento técnico obrigatório a todas as UC's, o qual estabelece seus objetivos, zoneamento e normas de uso e o manejo dos recursos naturais (BRASIL, 2000) .

Outra característica deste documento, é realizar o diagnóstico da UC, para assim pautar o seu manejo. Durante a elaboração do plano da FEENA, em consulta pública dentre os problemas apontados na floresta, a recorrência de incêndios foi um dos principais destacados (ZANCHETTA; DINIZ; PAGANI, 2009), resultando em um capítulo no Plano de Manejo que discute esta questão. O plano, publicado em 2005, destaca os anos de 2000 e 2001 pela grande ocorrência desses eventos dentro da floresta e no seu entorno, expondo a fragilidade e a importância em prevenir estes eventos.

Desta forma, pode-se afirmar que o fogo não faz parte desta formação florestal, que abriga rica regeneração do sub-bosque de espécies da Mata Atlântica e Cerrado, tendo que ser protegida da ocorrência destes sinistros. Porém, ao longo dos vinte e dois anos analisados, a recorrência de eventos com fogo vem aumentando na UC, expressando a área total queimada em 19,98%, enquanto no buffer o acumulado foi de 14,69%, ou seja, a FEENA apresentou área total de queima 5,29% superior ao seu entorno (figura 24). Além de queimar mais que seu entorno, há uma dinâmica muito semelhante entre a FEENA e o seu buffer, com ocorrências no final da estação seca, mosaico de usos como a classe que mais queimou, e proximidade das ignições a vias de acesso.

Figura 23 - Área queimada relativa acumulada por anos (2000 - 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com base nestes dados, chama a atenção a efetividade das políticas de combate e prevenção do fogo empregadas na UC desde a publicação do Plano de Manejo. De acordo com o documento, para reduzir os impactos do fogo, técnicas de prevenção deveriam ser adotadas, sendo estas: realização de aceiros periódicos, monitoramento através de equipe de vigilância atuante, brigada de incêndio bem treinada e equipada, e a construção de cercas ao longo do perímetro (REIS *et al.*, 2005).

A implementação das cercas é justificada no documento devido a constatação de que numerosos eventos com fogo tiveram origem em pontos internos da UC, assim sendo necessário o controle do acesso a FEENA (REIS *et al.*, 2005). Em 2021, a Fundação Florestal do Estado de São Paulo abriu Edital de Pregão Eletrônico, numerado E-48/21, tendo a finalidade de realizar a contratação de empresas para a confecção e instalação de cinco portões, complementados com cercas de arame farpado e alambrados em diferentes pontos da FEENA (figura 25) (SÃO PAULO, 2021). Segundo informações presentes no edital, o objetivo com a instalação destas barreiras é

o aumento do controle do fluxo na FEENA, principalmente no período noturno e em áreas onde o acesso ao visitante não é permitido, que certamente evitará diversos ilícitos no interior da Unidade e conseqüentemente um enorme ganho ambiental. Para elaboração deste documento foi considerado o histórico de fogo, registros do SIM, invasões e acessos não autorizados, e vão ao encontro das ações propostas no Programa

de Proteção e Fiscalização do Plano de Manejo da Unidade (SÃO PAULO, 2021, p. 27).

Figura 24 - Proposta da Fundação Florestal do Estado de São Paulo para instalação de cercas e portões



Fonte: SÃO PAULO (2021, p. 25).

Como veiculado nos canais de comunicação da cidade de Rio Claro, a ação levou a manifestação de moradores do bairro Bela Vista, próximo ao local onde os portões seriam instalados. Dentre os pontos levantados, os moradores questionaram os motivos pela ausência de diálogo por parte da gestão da FEENA com a comunidade; como seria a manutenção das instalações; como seria o acesso de bombeiros a localidade em caso de incêndio no período noturno, já que estes seriam trancados a partir das seis horas da noite, entre outros questionamentos (SANTIS, 2021). Em contato com funcionários da FEENA, foi informado que até outubro de 2022, a instalação dos portões não havia sido finalizada.

Os resultados obtidos ao longo do estudo apontam que a UC carece de medidas mais efetivas para prevenir as ocorrências de incêndios na área. Restringir o acesso à floresta não parece ser a medida mais eficaz para a prevenção, já que a maioria dos incêndios se concentraram nas regiões limítrofes a vetores, como estradas e a malha urbana, independente

das cercas já existentes, e do trabalho de vigilância. O uso do fogo pela população nessas áreas é uma expressão de um conjunto de problemas provocados pela ausência do Estado, como a falta de infraestrutura básica nas regiões urbanizadas que fazem divisa com a FEENA, sobretudo aquelas relacionadas à coleta de entulhos, criação de espaços públicos de lazer e medidas fitossanitárias para controle de animais peçonhentos, doenças e pragas. A noção da preservação de uma natureza cênica, isolada da sociedade, que estava na origem da criação das primeiras áreas de proteção. As populações humanas são parte integrante dos ecossistemas, assim tendo que ser considerados os aspectos sociais no planejamento de novas políticas de conservação. Assim, é necessário a integração entre o governo Estadual e municipal para lidar com problemas estruturais complexos relacionados às populações humanas.

Além da infraestrutura, deve-se estimular a educação ambiental sobretudo nas escolas próximas à UC. A educação ambiental é um caminho para que os indivíduos e a comunidade local tomem consciência do meio ambiente, buscando soluções para o agravamento da crise ambiental (SILVA *et al.*, 2017; SOARES, CARVALHO, 2013). Através da educação ambiental, os indivíduos são estimulados a assumir “novas atitudes que levem à diminuição da degradação ambiental, promovam a melhoria da qualidade de vida e reduzam a pressão sobre os recursos ambientais” (ATAÍDE; HOELLER, 2022, p. 1). Estudos como os de Santos e Carneiro (2014), e Silva *et al.* (2017), que utilizaram diferentes práticas educativas para a conscientização sobre queimadas com estudantes de diferentes faixa etárias, demonstraram como a escola é um importante ambiente na formação de novos atores sociais, cientes de sua importância para a construção de um futuro democrático e sustentável (SANTOS; CARNEIRO, 2014).

Embora o Plano de Manejo da FEENA contenha um Programa de Educação Ambiental, que aponta em seus objetivos promover mudanças de atitudes nos visitantes e na comunidade, para que estes venham a agir na solução de problemas ambientais locais, regionais e globais, este em termos gerais demonstra-se genérico, pois não delimita os problemas ambientais acerca da UC, assim como não aponta os agentes causadores dos impactos, não abordando os aspectos sociais envolvidos com a temática ambiental (SOARES; CARVALHO, 2013). Apesar da ausência de atividades voltadas a educação acerca da prevenção do fogo no Plano de Manejo, ao longo da elaboração da pesquisa, no ano de 2022 foram presenciadas atividades educativas voltadas a prevenção a incêndios florestais, como tenda sobre manejo florestal e operação corta fogo, e passeios ciclísticos para a conscientização prevenção a incêndios florestais, ambas no interior da UC; e panfletagem

sobre a prevenção no bairro Mãe Preta. Esta última, deve ser estimulada para expandir a outros bairros limítrofes da FEENA, já que estes configuram como um dos vetores dos incêndios florestais, devido aos motivos já destacados. Esta prática ativa na comunidade, além de trabalhar com a conscientização ambiental, pode ser um caminho para entender os motivos que levam as práticas danosas ao meio ambiente, assim traçar estratégias mais efetivas de resolução destes problemas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da combinação de técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG, utilizando mosaicos mensais *Landsat* entre os anos 2000 e 2021, foi possível reconstruir o histórico de áreas queimadas na FEENA e no seu entorno. Este mapeamento apontou que a área total queimada na FEENA foi de 443,79 ha (19,98% da área total), e no seu entorno 4374,34 ha (14,69% da área total); com área média queimada anual, foi respectivamente, de 20,17 ha (0,91%), e 198,83 ha (0,67%). O ano mais crítico do ponto de vista de área queimada na UC foi 2020, com área queimada de 107,82 ha (4,85%), enquanto no entorno foi o ano anterior, 2019, com 462,59 ha queimados (1,55%). As áreas de maior recorrência de eventos com fogo na FEENA estão localizadas na parte noroeste, tendo contato direto com a área urbana do município de Rio Claro.

Apesar dos esforços para mitigação de incêndios no interior desta UC, as queimadas são eventos relativamente frequentes na FEENA. Considerando a área queimada relativa, conclui-se que a FEENA queimou mais que seu entorno (5,29% superior) no período analisado. Por tratar-se de uma Unidade de Conservação, com diagnóstico da causa dos vetores de incêndios, e equipada para a mitigação do fogo (com brigada de incêndio, combate direto e alta restrição ao fogo), esperava-se que a FEENA apresentasse menor área queimada relativa que seu entorno, o que não foi constatado.

O pico de áreas queimadas no auge da seca em ambos os locais (FEENA e entorno) e a similaridade entre os padrões intra-anuais evidenciam que a FEENA está sujeita a um mesmo regime de queimas que seu entorno, predominantemente determinado pelas atividades humanas, que utiliza o fogo como ferramenta de manejo, protesto e expressão cultural. Desta forma, soluções baseadas na tentativa de restrição de acesso ao interior da UC, com instalação de cercas e portões, parecem não surtir efeitos para mitigação da ocorrência de incêndios, já que a maioria dos incêndios na FEENA se concentraram em áreas limítrofes a vetores como estradas e a malha urbana, independente das práticas já adotadas.

O fogo pode ser interpretado como uma resposta da sociedade a problemas estruturais complexos em sua localidade, como abandono do Estado, carência por espaços de lazer, medidas fitossanitárias, entre outras. Sendo assim, portões e cercas não acabarão com o problema dos incêndios florestais na FEENA, pois há a necessidade de se considerar os aspectos sociais no planejamento de novas políticas de conservação, com a integração entre órgãos estaduais e municipais. Além disso, devem ser estimuladas práticas educativas de conscientização com a comunidade local, objetivando a conservação deste patrimônio ambiental, histórico e social, além de proporcionar a melhoria da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. A. C.; *et al.* Long-Term Landsat-Based Monthly Burned Area Dataset for the Brazilian Biomes Using Deep Learning. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 14, n. 11, p. 2510, 24 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs14112510>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/11/2510>. Acesso em: 25 out. 2022.
- 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**, [S.L.], v. 78, p. 270-281, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X17301000>. Acesso em: 26 out. 2022.
- 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**, [S.L.], v. 44, n. 2, p. 321-345, 12 jun. 2020. UNESP - Universidade Estadual Paulista. <http://dx.doi.org/10.5016/geografia.v44i2.15119>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15119>. Acesso em: 25 out. 2022.
- ALVES, D. B. et al. Impact of image acquisition lag-time on monitoring short-term postfire spectral dynamics in tropical savannas: the Campos Amazônicos Fire Experiment. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 16, n. 3, p. 034507, 2022. Disponível em: <<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-16/issue-3/034507/Impact-of-image-acquisition-lag-time-on-monitoring-short-term/10.1117/1.JRS.16.034507.short?SSO=1&tab=ArticleLinkCited>> Acesso em: 26 out. 2022.
- ASSIS, S. S. de; LUCAS, F. da M. QUEIMADAS URBANAS EM ITUIUTABA (MG). **Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 32–40, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/226>. Acesso em: 27 out. 2022.
- ATAÍDE, L. T.; HOELLER, S. C. **Queimadas e desmatamentos, uma degradação ao meio ambiente : um trabalho prático com alunos da 3ª série do Ensino Fundamental**. Monografia Especialização Digital (Curso de Especialização em Educação do Campo) - Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral. 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/54363>. Acesso em: 27 out. 2022.
- BACCARIN, J. G. EFEITOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS DE MUDANÇAS TECNOLÓGICAS RECENTES NA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL. **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 141–173, 2020. DOI: 10.33026/peg.v3i20.6559. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/6559>. Acesso em: 27 out. 2022.
- BARTSCH, Leandro Paulo Leão. **Elaboração de um roteiro interpretativo para trilha de ciclista da Florestal Estadual Edmundo Navarro de Andrade, Rio Claro/SP**. 2015. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/139008>. Acesso em: 25 out. 2022.

BORGES, Gustavo Marques; PACHÊCO, Admilson da Penha; SANTOS, Francisco Kennedy Silva dos. Sensoriamento Remoto: avanços e perspectivas. **Revista de Geografia (Ufpe)**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 267-292, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229116>. Acesso em: 26 out. 2022.

BORGES, T. S. *et al.* Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 153-159, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.033>. Disponível em: <https://floram.org/journal/floram/article/doi/10.4322/floram.2011.033>. Acesso em: 25 out. 2022.

BOWMAN, D. M. J. S. *et al.* Fire in the Earth system. **science**, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 25 out. 2022.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO. 1998. p. 59-88. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

CONCIANI, D. E. *et al.* Human-climate interactions shape fire regimes in the Cerrado of São Paulo state, Brazil. **Journal For Nature Conservation**, [S.L.], v. 61, p. 126006, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1617138121000534>. Acesso em: 26 out. 2022.

CONCIANI, D. E. **Ocorrência de fogo no cerrado: uma abordagem de longo prazo usando sensoriamento remoto**. 2017. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/156603>. Acesso em: 26 out. 2022.

CORRÊA, C. V. S. **Zoneamento geoambiental da região compreendida pelas folhas topográficas São José dos Campos e Jacareí-SP**. 2013. 171 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/92729>. Acesso em: 26 out. 2022.

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**, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 195-206, 30 jun. 2009. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/19805098410>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/410>. Acesso em: 25 out. 2022.

COSTA, M. S. S.; MELO, L. O. Dinâmica da regeneração natural após manejo e incêndio em área da Floresta Nacional do Tapajós. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 37-45, 3 jul. 2018. Companhia Brasileira de Produção Científica.

<http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2018.006.0004>. Disponível em:
<http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2018.006.0004>. Acesso em: 25 out. 2022.

COTA, A. M. P.; BAPTISTA, G. M. M. **Detecção de foco de incêndio subterrâneo em turfa por câmera portátil termal**. Revista Brasileira de Geomática, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 48, 14 dez. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
<http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v3n2.5465>. Disponível em:
<http://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5465>. Acesso em: 26 out. 2022.

DIOTTO, M G. **Mapeamento multitemporal do uso da terra no entorno da floresta estadual Edmundo Navarro de Andrade em de Rio Claro -SP**. 2017. 83 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Câmpus Experimental de Ourinhos, Ourinhos, 2017. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/156322>. Acesso em: 25 out. 2022.

DIOTTO, M. G. **Mapeamento participativo como metodologia de análise: o caso da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade em Rio Claro – SP**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/204690>. Acesso em: 25 out. 2022.

Estadual Edmundo Navarro de Andrade. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 153-161, 30 jun. 2006. Universidade Federal de Santa Maria.
<http://dx.doi.org/10.5902/198050981896>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cflo/a/mGDK7vXCFFx3jHqFB8MNTZQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2022.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FONSECA, F. **Estudos de alguns parâmetros da qualidade da água e aplicação a um conjunto de dados**. 2018. 26 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2018. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/203582>. Acesso em: 25 out. 2022.

FORNAZARI, T. **As concessões de uso e terceirização de serviços nas Unidades de Conservação paulistas: um estudo de caso no Parque Estadual Serra do Mar (SP, Brasil)**. 2018. 118 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2018.

FORNAZARI, T. *et al.* Variáveis limitantes sobre a detecção de queimadas em imagens Landsat no Parque Nacional da Serra do Cipó (MG). In. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0812.pdf> Acesso em: 26 out. 2022.

FRANÇA, D. A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2015. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.11.30/doc/3017.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

FREITAS, Ana Larissa Ribeiro de. **Exposição a incêndios florestais em unidades de conservação de uso sustentável na Amazônia**. 2021. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/44TSK2L>. Acesso em: 26 out. 2022.

GABELINI, B. M. **Caracterização de impactos socioambientais no setor sucroalcooleiro: o caso da fuligem em Piracicaba - SP**. 2015. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136549>. Acesso em: 27 out. 2022.

GOBBO, S. D. A. *et al.* Uso da Terra no Entorno do PARNA-Caparaó: preocupação com incêndios florestais. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 350-361, 24 maio 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.110114>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/D7VgknHm9Hjc6383FrZYGPK/?lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2022.

HASSLER, M. L. A importância das unidades de conservação no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 33, n. 17, p. 79-89, dez. 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9204>. Acesso em: 25 out. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos municípios brasileiros : 2020**/ IBGE, coordenação de população e indicadores sociais. Rio de Janeiro, 2021. 122 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101871>. Acesso em: 25 out. 2022.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. . Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília: Icmbio Mma, 2010. 89 p. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2010_ICMBIO_ApostilaBrigadistaPrevencaoIncendios_MMA_DE3os.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

INPE. **TOPODATA** - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2022a. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 26 de out. 2022.

INPE. **LANDSAT**. 2022b. Divisão de Geração de Imagens: Coordenação-geral de observação da Terra. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em: 26 out. 2022.

INPE. **Banco de Dados de queimadas**. 2022c. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 26 de out. 2022.

JESUS, J. B. *et al.* Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 176-191, 6 abr. 2020. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509837696>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/jnVZfCH6xj5QY3x49kQvtjx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2022.

JORDAIM, R. B. **Comportamento do fogo sob diferentes declividades, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Eucalyptus grandis***. 2015. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015. Disponível em: https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Renan_Baptista_Jordaim.pdf. Acesso em: 25 out. 2022.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins / Analysis of the use, occupation and coverage of the land in the River Basin of Formiga River, Tocantins State. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S. l.], v. 4, n. 12, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45664>. Acesso em: 25 out. 2022.

MACHADO, N. G.; SILVA, F. C. P.; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 459-469, 12 set. 2014. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x11892>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546174022>. Acesso em: 26 out. 2022.

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. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia** Goiânia: Unb, 2006. 11 p. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/4/153.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

MARCUCCI, J. C. **Importância de unidades de conservação: o caso da Floresta Estadual Navarro de Andrade (Rio Claro - SP)**. 2013. 88 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/122945#:~:text=A%20Floresta%20Estadual%20Edmundo%20Navarro,indiretos%20interligados%20ao%20meio%20ambiente>. Acesso em: 25 out. 2022.

MARTINS, G. *et al.* Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 1558-1569, 13 jun. 2020. **Revista Brasileira de Geografia Física**. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1558-1569>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243584/36178>. Acesso em: 25 out. 2022.

MATAVELI, G. A. V. *et al.* DINÂMICA DOS FOCOS DE QUEIMADA EM CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 2008 E 2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 66, n. 2, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43919>. Acesso em: 26 out. 2022.

MEDEIROS, Rodrigo. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 41-64, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2006000100003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/C4CWbLFTKrTPGzcn68d6N5v/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2022.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Brazilian Journal of Botany**, [S.L.], v. 33, p. 37-50, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/Xw5Px3Pp5t84sXFzFS7fqtK/?lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2022.

MENEZES, J. P. C. *et al.* MORFOMETRIA E EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO E DA VAZÃO DE MÁXIMA EM UMA MICRO BACIA URBANA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 15, n. 4, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i4.597. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/597>. Acesso em: 27 out. 2022.

MIRANDA, A. L. **Distribuição espacial dos incêndios em vegetação registrados pelo 2º Sub-Grupamento do Corpo de Bombeiros de Rio Claro/SP e o tempo atmosférico entre 2009 e 2013**. 2015. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136578?locale-attribute=en>. Acesso em: 27 out. 2022.

MISTRY, J.; BIZERRIL, M. Por que é importante entender as inter-relações entre pessoas, fogo e áreas protegidas? **Biodiversidade Brasileira: BioBrasil**, [s. l.], n. 2, p. 40-49, jul. 2011. Disponível em: <https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/137/97>. Acesso em: 26 out. 2022.

MOTTA, D. S. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. 2008. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) - Curso de Engenharia Florestal, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/8116>. Acesso em: 25 out. 2022.

NASA. **LANDSAT 9**. 2022. Landsat Science. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>. Acesso em: 26 out. 2022.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, F. M. R. **A importância dos ecopontos no município de Rio Claro-SP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2016. 103p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/155117>. Acesso em: 27 out. 2022.

OLIVEIRA, T. S. *et al.* O Eucalipto e o Fogo em Portugal nos Últimos 40 Anos. In: **As Plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal**. 2. ed. Oeiras (Portugal): Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, 2022. Cap. 5. p. 109-132. Disponível

em:

https://www.iniaiv.pt/images/publicacoes/livros-manuais/silva-lusitana/LIVRO_EUCALIPTO_6_22_2_edicao.pdf#page=125. Acesso em: 25 out. 2022.

PANAGASSI, I. **Proposta de trilha interpretativa para a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA) - Rio Claro**. 2015. 94 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 17 de out. de 2022, através do link: <<https://mapbiomas.org/>>.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 17 de out. de 2022, através do link: <<https://mapbiomas.org/>>.

REIS, C.M., ZANCHETTA, D; PONTALTI, S.F.L. (orgs) **Plano de manejo da Floresta RIBEIRO, M. C.; FIGUEIRA, J. E. C. Uma Abordagem Histórica do Fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. Biodiversidade Brasileira: BioBrasil**, [S.L.], n. 2, p. 212-227, 30 dez. 2011. Disponível em: <https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/96>. Acesso em: 26 out. 2022.

RODRIGUES, J.A. et al. Mapeamento de Áreas Queimadas em Unidades de Conservação da Região Serrana do Rio de Janeiro Utilizando o Satélite Landsat-8 Durante a Seca de 2014. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 318-327, 16 maio 2018. Instituto de Geociências - UFRJ. http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_318_327. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/12959>. Acesso em: 26 out. 2022.

ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomias - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. In: Simpósio de Restauração Ecológica, 8., 2019, São Paulo. Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019. p. 95-100. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Barbosa-4/publication/338513848_GOVERNO_D_O_ESTADO_DE_SAO_PAULO_SECRETARIA_DE_INFRAESTRUTURA_E_MEIO_AMBIENTE_Restauracao_Ecologica_Desafio_do_processo_frente_a_crise_ambiental_Coordenacao_geral_Luiz_Mauro_Barbosa/links/5e18825192851c8364c08ddf/GOVERNO-DO-ESTADO-DE-SAO-PAULO-SECRETARIA-DE-INFRAESTRUTURA-E-MEIO-AMBIENTE-Restauracao-Ecologica-Desafio-do-processo-frente-a-cri-se-ambiental-Coordenacao-geral-Luiz-Mauro-Barbosa.pdf#page=96. Acesso em: 25 out. 2022.

SANTIS, V. Frequentadores questionam motivo da implantação de portão na Feena. **Jornal Cidade**. Rio Claro, 6 out. 2021. Disponível em: <https://www.jornalcidade.net/rc/frequentadores-questionam-motivo-implantacao-de-portao-na-feena/191329/>. Acesso em: 27 out. 2022.

SANTOS, D. R. O.; CARNEIRO, T. R. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CONSCIÊNCIA AMBIENTAL EM RELAÇÃO ÀS PRÁTICAS DE QUEIMADAS URBANAS. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 61–72, 2014. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/1467>. Acesso em: 27 out. 2022.

SANTOS, Marcelo Eric de Almeida. Subsídios para a implantação de um viveiro educador na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA). 2015. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136618>. Acesso em: 25 out. 2022.

São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-fe-edmundo-navarro-de-andrade/>. Acesso em: 25 out. 2022.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002**. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. São Paulo, 2002. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20elimina%C3%A7%C3%A3o%20gradativa,a%C3%A7%C3%BAcar%20e%20d%C3%A1%20provid%C3%Aancias%20correlatas>. Acesso em: 27 out. 2022.

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>. Acesso em: 25 out. 2022.

SÃO PAULO. **Edital de pregão eletrônico (n.º E-48/21) objetivando a prestação de serviços não contínuos – participação ampla**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://rc832.com.br/wp-content/uploads/2021/10/Edital-Portao.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

SÃO PAULO. Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo - IDEA-SP. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso em: 26 out. 2022.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; DICK, Grasielle. **Incêndios Florestais**. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2018. 151 p.

SILVA L. R. et al. Educação ambiental para a sensibilização sobre queimadas no Cerrado maranhense em Chapadinha/MA. In: Anais do Congresso Nacional de Educação, 2017. Anais eletrônicos. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/como-afeta-a-indisponibilidade-de-uma-image-m-de-pos-fogo-imediato-no-monitoramento-dos-efeitos-das-queimas-nas-savanas-ahttps://edit.orarealize.com.br/artigo/visualizar/36551>> Acesso em: 26 out. 2022.

SILVA S. S. *et al.* Queimadas urbanas em Rio Branco, Acre: mapeamento e comunicação de impactos à sociedade. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/queimadas-urbanas-em-rio-branco--acre--mapeamento-e-comunicacao-de-impactos-a-sociedade?lang=pt-br> Acesso em: 26 out. 2022.

SOARES, M. L. B.; CARVALHO, M. B. S. da S. Concepções e práticas de Educação Ambiental em unidades de conservação: estudo de caso na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), Rio Claro-SP. **Ambiente & Educação**, [S. l.], v. 18, n.

2, p. 209–228, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/4113>. Acesso em: 27 out. 2022.

SOBRINHO, C. J. B. Crenças e saberes ecoculturais sobre o queimar e as queimadas: uma pesquisa de bairro no ponto focal urbano das queimas no Tocantins. 2021. 215f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Palmas, 2021.

SOUZA, L. S. N. **Análise de impactos das queimadas sobre a saúde humana: um estudo de caso do Município de Rio Branco, Acre**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.

TORRES, F. T. P. *et al.* **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2020. 178 p.

TORRES, F. T. P. *et al.* Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 38, n. 5, p. 811-817, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622014000500005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/y9BPFJMyHzTF56t4rxTfsnz/?lang=pt#:~:text=Com%20base%20nisso%2C%20%C3%A1reas%20pr%C3%B3ximas,conduzidos%20por%20Torres%20et%20al..> Acesso em: 26 out. 2022.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Avaliação da estrutura florestal na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.45-57, ago. 2005. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/17256>. Acesso em: 25 out. 2022.

VIEIRA, Paulo Henrique. Análise histórica do pólo cerâmico de Santa Gertrudes/SP: sua relevância no município de Cordeirópolis/SP. **Revista Georaguaiá**, Barra do Garças –MT, v. 12, n. 1, p. 157-175, jul. 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/10094>. Acesso em: 25 out. 2022.

VITALI, P. de L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 67-82, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2009000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/BvLjc9XVFZ5cRCt3YNdMCLw/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 27 out. 2022.

ZAMPIN, I. C.; RIBEIRO, S. L. Análise da conservação das matas ciliares da FEENA (Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”), às margens do ribeirão claro e sua influência no clima urbano, definida por SIG’s: uma abordagem preliminar. **Gestão em Foco**, [s. l], n. 6, p. 30-36, maio 2013. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/4analise_conservacao.pdf. Acesso em: 25 out. 2022.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V.; PAGANI, M. I. O Planejamento Participativo no Plano de Manejo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), Município de Rio Claro (SP). In: 8ª Jornada Científica e Tecnológica da UFSCAR - VI Congresso de Meio Ambiente da Associação de Universidades Grupo de Montevideu - AUGM Ambiente 2009, São Carlos. Anais de Eventos da UFSCar, 2009. v. 5. p. 1-15.