



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA

Eduarda Quadros Leonardo

**A PRODUÇÃO ORIZÍCOLA NO MUNICÍPIO DE ERMO - SC: UMA ANÁLISE DE
POSSÍVEIS CONFLITOS DE USO DO SOLO**

Florianópolis (SC)

2024

Eduarda Quadros Leonardo

**A PRODUÇÃO ORIZÍCOLA NO MUNICÍPIO DE ERMO - SC: UMA ANÁLISE DE
POSSÍVEIS CONFLITOS DE USO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Michele Monguilhott

Florianópolis (SC)

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela
BU/UFSC. Dados inseridos pelo próprio autor.

Leonardo, Eduarda Quadros

A produção orizícola no município de Ermo - SC : uma
análise de possíveis conflitos de uso do solo / Eduarda
Quadros Leonardo ; orientadora, Michele Monguilhott, 2024.
92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Áreas de Preservação Permanente. 3.
Arroz. 4. Conflitos. 5. Sensoriamento Remoto. I.
Monguilhott, Michele. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Geografia. III. Título.

Eduarda Quadros Leonardo

A produção orizícola no município de Ermo - SC: uma análise de possíveis conflitos de uso do solo

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia.

Local Florianópolis, 12 de julho de 2024.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof.^a Michele Monguilhott, Dr.^a
Orientador(a)

Prof. Everton da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luiz Patric Kayser, Dr.
Universidade Federal de Santa Maria

Florianópolis, 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Maria de Fatima Quadros. Ela que me criou no meio da agricultura, depois me mostrou a cidade e, não satisfeita, permitiu-me desvendar a “cidade grande” sozinha. Eu vim do interior, de um município minúsculo, base dessa pesquisa, mas essa mulher não deixou que existisse dentro de mim algo além do desejo de ser grande e sonhar alto. Muito obrigada, mãe.

Às minhas amigas-irmãs Joana, Julia e Patrizia, que fizeram de Florianópolis um lar; é impossível não se sentir em casa na companhia delas. À Paloma, que desde o ensino médio sempre foi fonte de amizade, suporte e conhecimento. E ao Kevan e ao Guilherme, que mesmo distantes se fizeram próximos; não importa o lugar, nossas risadas sempre vão ecoar juntas.

À minha orientadora, Professora Doutora Michele Monguilhott, pela sua dedicação, paciência e entusiasmo ao longo da construção dessa pesquisa. Além de uma orientadora excepcional, tornou-se uma mentora que compartilha não apenas conhecimento, mas também paixões. Obrigada por dividir comigo não só o fascínio pelo sensoriamento remoto e pela cartografia, mas também o amor pelo Sport Club Internacional, que nos uniu além dos limites acadêmicos.

Por fim, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por proporcionar uma educação pública, gratuita e de qualidade.

“Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais, certamente são responsáveis, ou deveriam ser.”

(Aziz Ab'saber)

RESUMO

Esta pesquisa buscou realizar uma análise espaço-temporal a partir de imagens de satélite para os anos de 2006, 2014 e 2022, mapeando mudanças de uso do solo ocasionadas pelo aumento da produção de arroz no município de Ermo, em Santa Catarina. A agricultura corresponde a uma das práticas antrópicas mais degradantes quando se refere à erosão do solo e retirada de florestas nativas para aumento da extensão territorial de áreas de lavoura. Dessa forma, o estudo associou a utilização de geotecnologias ao monitoramento do uso do solo agrícola, visando contribuir para a gestão da área rural do município, em especial no que tange a tomadas de decisões voltadas a práticas mais sustentáveis de produção, possibilitando a mitigação de consequências ambientais negativas e irreversíveis para o município. Para a análise, utilizou-se a legislação brasileira, com destaque para o Código Florestal (Lei nº 12.651/12), a fim de delimitar as Áreas de Preservação Permanente nas faixas marginais dos cursos d'água de Ermo - SC. Como resultado, foram identificadas áreas de possíveis conflitos de uso do solo no município, totalizando 229,86 hectares de áreas de APPs impactadas para o ano de 2006, 411,30 hectares no ano de 2014 e 289,08 hectares em 2022. Observou-se, assim, um acréscimo nas áreas de conflito entre 2006 e 2014, seguido por uma possível recuperação em 2022. Por fim, considera-se essencial a implementação de um monitoramento rígido dessas áreas, possibilitando o uso sustentável das áreas agrícolas.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente; arroz; conflitos; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

This research aimed to conduct a spatio-temporal analysis using satellite imagery from 2006, 2014, and 2022 to map land use changes resulting from increased rice production in the municipality of Ermo, Santa Catarina. Agriculture, particularly rice cultivation, is noted for its significant environmental impact, including soil erosion and deforestation. The study integrated geospatial technologies to monitor agricultural land use, aiming to support rural area management and decision-making towards more sustainable practices. Emphasis was placed on Brazilian legislation, notably the Forest Code (Law No. 12.651/12), to delineate Permanent Preservation Areas along watercourses in Ermo. Results identified areas of potential land use conflicts, totaling 229,86 hectares of impacted Preservation Areas in 2006, 411,30 hectares in 2014, and 289,08 hectares in 2022. An increase in conflict areas from 2006 to 2014 was observed, followed by potential recovery by 2022. The study underscores the need for rigorous monitoring and sustainable management of these areas to ensure environmentally responsible agricultural practices.

Keywords: permanent preservation areas; rice; conflicts; remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Ermo - SC.....	21
Figura 2 - Características fisiográficas do município de Ermo - SC.....	25
Figura 3 - Planta de arroz.....	29
Figura 4 - Municípios e área plantada de arroz na região geográfica imediata de Araranguá, no estado de Santa Catarina.....	30
Figura 5 - Solo inundado para o plantio do arroz no sistema pré-germinado em Ermo.....	32
Figura 6 - Cálculo do coeficiente Kappa.....	36
Figura 7 - Cálculo NDVI.....	37
Figura 8 - Composições coloridas utilizadas nos satélites Landsat.....	42
Figura 9 - Fluxograma para a chave de interpretação.....	45
Figura 10 - Registros fotográficos das classes, etapa de validação da classificação.....	47
Figura 11 - Tela do algoritmo AcATaMa.....	49
Figura 12 - Mapa temático NDVI para os anos de 2006, 2014 e 2022.....	52
Figura 13 - Mapa de áreas de produção de arroz irrigado no município conforme a ANA.....	56
Figura 14 - Chave de classificação.....	58
Figura 15 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2006.....	59
Figura 16 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2014.....	61

Figura 17 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2022.....	63
Figura 18 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2006.....	69
Figura 19 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2014.....	71
Figura 20 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2022.....	73
Figura 21 - Mapa com a sugestão da criação de uma APP no município.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do IBGE sobre o município de Ermo.....	22
Quadro 2 - Índice Kappa e classificação do desempenho.....	36
Quadro 3 - Base de dados auxiliares (Metadados).....	39
Quadro 4 - Imagens adquiridas do satélite Landsat.....	40
Quadro 5 - Características dos sensores utilizados na pesquisa.....	41
Quadro 6 - Chave de interpretação.....	44
Quadro 7 - Quantidade de pontos utilizados para matriz de confusão.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2006.....	49
Tabela 2 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2014.....	50
Tabela 3 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2022.....	50
Tabela 4 - Área plantada de arroz no município conforme os anos.....	55
Tabela 5 - Fisionomias identificadas.....	64
Tabela 6 - Temperaturas mínima, média e máxima e precipitação total para o período de agosto a fevereiro (normais climatológicas).....	65
Tabela 7 - Área em hectares ocupada por cada classe dentro das APPs para os anos analisados.....	74
Tabela 8 - Área em hectares dos possíveis conflitos de uso do solo no município de Ermo - SC.....	75
Tabela 9 - Validação das áreas de possíveis conflitos de uso do solo.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
BDiA	Banco de Informações Ambientais
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CONAFE R	Confederação Nacional dos Agricultores Familiares e Empreendedores Familiares do Brasil
DN	<i>Digital Numbers</i> (Números Digitais)
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i> (Empresa de Sistema de Informação Geográfica)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
N	Número
NDVI	NDVI
NIR	<i>Near-infrared</i> (Infravermelho próximo)
O	Oeste
PIB	Produto Interno Bruto
R	<i>Red</i> (Vermelho)
RGB	<i>Red, green and blue</i> (Vermelho, verde e azul)
S	Sul
SC	Santa Catarina
Sicar	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SR Sensoriamento Remoto

Unicamp Universidade Estadual de Campinas

UTM Universal Transversa de Mercator

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

C	Graus celsius
ha	Hectares
k	Índice Kappa
km ²	Quilômetros quadrados
m	Metros
mm	Milímetros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ERMO - SC.....	20
3.1.1 Características fisiográficas.....	23
3.2 AGRICULTURA.....	26
3.2.1 Agricultura familiar.....	27
3.2.1.1 A agricultura no município de Ermo.....	27
3.2.2 O arroz.....	28
3.2.2.1 A cultura orizícola no sistema de cultivo pré-germinado.....	31
3.3 SENSORIAMENTO REMOTO (SR).....	32
3.3.1 Processamento digital de imagens.....	33
3.3.1.1 Técnicas de classificação de uso do solo.....	34
3.3.1.1.1 Classificador: Gaussian Mixture Models (GMM).....	35
3.3.2 Validação de desempenhos de classificação de imagem em SR.....	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1 SOFTWARES E EQUIPAMENTOS.....	38
4.2 BASE DE DADOS AUXILIARES.....	38
4.3 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS.....	40
4.4 COMPOSIÇÃO DE BANDAS LANDSAT.....	41
4.5 CHAVE DE INTERPRETAÇÃO.....	43
4.6 TESTES E VALIDAÇÃO.....	45
4.7 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO DO SOLO.....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
5.1 ÁREAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE ERMO.....	55
5.2 MUDANÇAS DE USO DO SOLO NO PERÍODO DE 2006, 2014 A 2022.....	57
5.3 POSSÍVEIS CONFLITOS DE USO DE SOLO DECORRENTES DA PRODUÇÃO	

ORIZÍCOLA.....	65
6 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais fundamentais para a vida de todos os organismos que habitam o planeta Terra. Trata-se de um corpo natural que requer um longo período de tempo para a sua formação e que pode ser facilmente destruído (Lima e Lima, 2007).

Conforme a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2022) aproximadamente 95% da produção mundial de alimentos depende do solo, entretanto quase 33% do solo em nível global está moderada ou altamente degradado, além de que se estimam perdas anuais de produção agrícola em 0,3%, resultante da erosão do solo, valor previsto para atingir mais de 10% até o ano de 2050. Deste modo, instaura-se, concomitantemente com a preocupação a respeito da conservação dos recursos naturais, um alerta para a perspectiva da produção e abastecimento de alimentos no mundo, representando um enorme risco para as gerações futuras.

A vegetação, igualmente fundamental na estabilização dos geoambientes, atua na proteção do solo contra processos erosivos, além de facilitar a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influenciar nas condições climáticas (Almeida *et al.*, 2012). Ao remover a vegetação nativa para realizar cultivos agrícolas, inicia-se o processo de degradação do solo, que pode ocorrer de forma lenta ou rápida, paralelamente à velocidade em que ocorre o desmatamento (Souza e Souza, 2011). Ainda em consonância com Souza e Souza (2011, p. 1),

atualmente, a maioria das atividades relacionadas à produção agrícola, que utilizam grande volume de insumos e mecanização intensiva, mantém o solo descoberto por longo período de tempo, o que degrada a sua estrutura, principalmente na superfície, provocando compactação e impermeabilização no local por onde entra a água e são realizadas as trocas gasosas com a atmosfera.

Dessa maneira, é visível que práticas inapropriadas de uso do solo podem resultar em consequências ambientais irreversíveis, manifestadas na deterioração da condição ambiental dos municípios afetados, corroborando para a ocorrência de desastres naturais, como deslizamentos de terra, inundações e compactação do solo, que por sua vez impactam diversos outros aspectos

significativos para a saúde, segurança e bem-estar da população. Por outro lado, práticas como o monitoramento do uso do solo associado ao planejamento e à administração de áreas urbanas ou rurais possibilita a compreensão da evolução da ocupação e a definição de diretrizes que buscam garantir a qualidade de vida da população, bem como conservar os recursos naturais, visto que, a curto prazo, o solo representa um recurso natural não renovável, o que torna essencial adotar práticas sustentáveis em sua utilização, a fim de evitar o esgotamento deste (Couto *et al.*, 2018).

De acordo com Melo *et al.* (2010, p. 185) “os estudos de conflitos de uso da terra estão em ascensão no Brasil, constituindo uma ferramenta para o ordenamento territorial”. Estes estudos se norteiam pelas geotecnologias ou geoprocessamento, isto é, no agrupamento de tecnologias objetivando a coleta, processamento, análise e fornecimento de informação com referência geográfica. Para Fitz (2008) apud Melo *et al.* (2010, p. 187) as geotecnologias aplicadas ao uso do solo,

além de possibilitarem o levantamento do estado ambiental, dão suporte à tomada de decisões, contando com as características essenciais de referência espacial e análise de dados, tendo substituído os métodos manuais tradicionalmente utilizados na análise espacial.

Segundo Minatto (2002), no final dos anos 1990, o espaço agrário de Turvo, no estado de Santa Catarina (SC), sofreu transformações significativas a partir da intensificação das relações capitalistas de produção alterando a base econômica fundamentada nas atividades agropecuárias em pequenas unidades fundiárias com mão de obra familiar, sendo a especialização, na época, a produção de arroz irrigado, milho, fumo, suínos e aves em propriedades modernizadas com a ajuda de cooperativas e agroindústrias. O município de Ermo foi distrito de Turvo entre os anos 1956 e 1992, quando conseguiu sua emancipação.

Desde que conquistou sua autonomia, Ermo apresentou mudanças na economia local, verifica-se isto através da expansão de suas áreas agrícolas associadas ao plantio de arroz pré-germinado. Dado este preâmbulo, o presente trabalho busca mapear áreas de possíveis conflitos de uso do solo no município,

utilizando ferramentas de geoprocessamento e processamento digital de imagens. Considerando um recorte temporal para os anos de 2006, 2014 e 2022, de modo a compreender de que forma a prática agrícola nas áreas de várzea influenciaram na transformação da paisagem local, bem como levantar dados que possam subsidiar a conservação da vegetação, discutindo especificamente práticas de cultivo orizícola, que se apresenta como base da economia ermense.

2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral do projeto, bem como os objetivos específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Mapear mudanças de uso do solo ocasionadas pela prática agrícola de produção de arroz no município de Ermo - SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo central seja alcançado, alguns procedimentos são necessários, são eles:

- Mapear áreas de produção de arroz no município de Ermo;
- Desenvolver mapas temáticos com a representação das mudanças de uso do solo considerando como recorte temporal os anos de 2006, 2014 e 2022;
- Analisar conflitos de uso do solo decorrentes da produção orizícola.

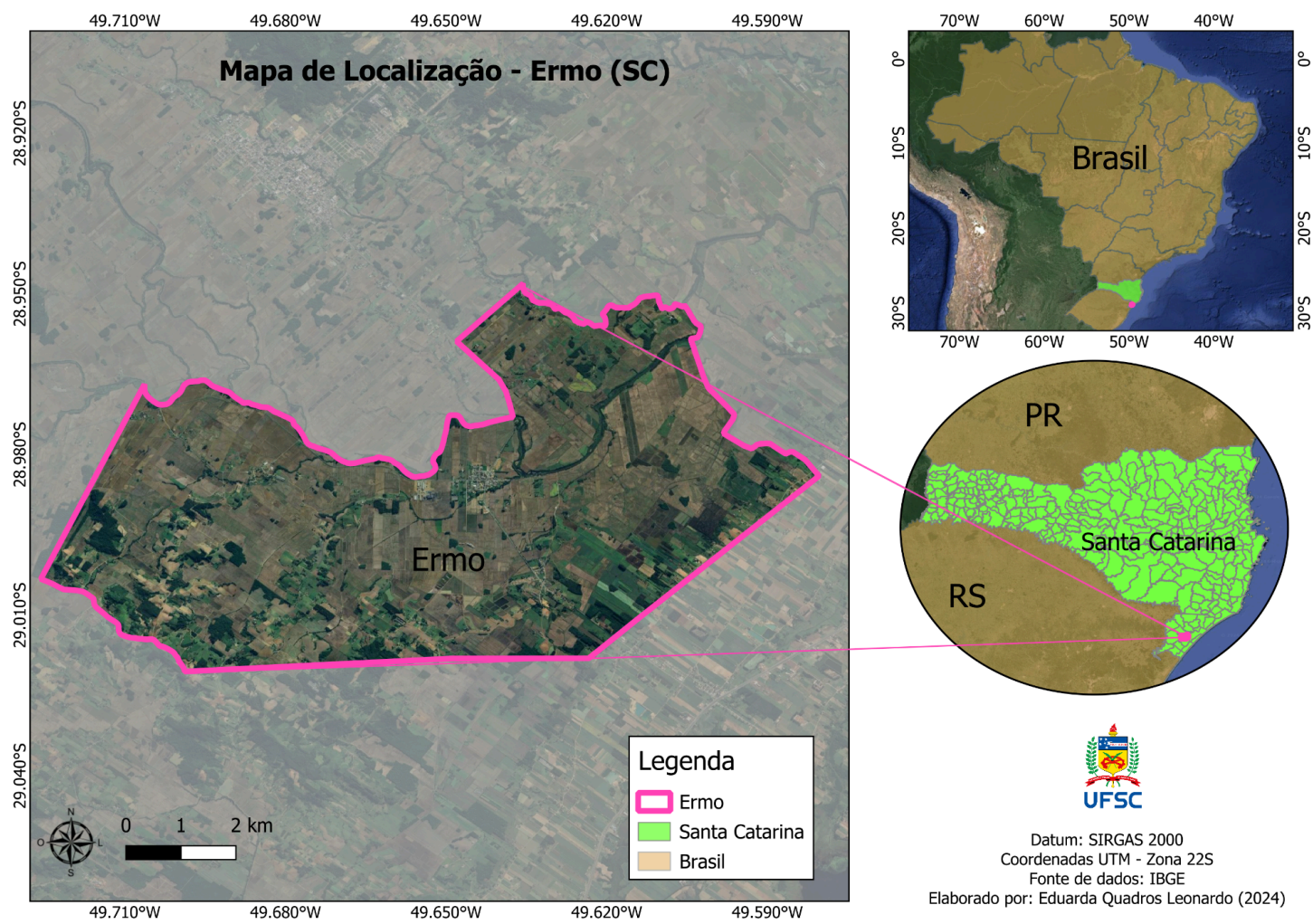
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, realizar-se-á uma revisão conceitual sobre os itens e elementos essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Ela se divide em três partes: a caracterização da área de estudo (Ermo - SC), alguns conceitos relacionados à agricultura e à cultura orizícola e de sensoriamento remoto que serão utilizados durante a análise de imagens e desenvolvimento da cartografia.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ERMO - SC

A área de estudo corresponde ao município de Ermo, situado no estado de Santa Catarina (Figura 1). Este, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), localiza-se no extremo sul catarinense e tem como limite os municípios de Turvo, Araranguá, Sombrio e Jacinto Machado, estando a 238 quilômetros da capital Florianópolis. Possui uma população de 2.050 habitantes e uma área de 65,311 quilômetros quadrados (km²). Além disso, apresenta como principal atividade econômica a agricultura, dispondo do clima propício para tal, característico do mesotérmico úmido, com verão quente, temperatura média de 19.2°C e uma altitude de 38 metros acima do nível do mar.

Figura 1 - Localização do município de Ermo - SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

O processo de ocupação e formação do município se iniciou na época de povoamento do Vale do Araranguá, entre os anos de 1848 e 1880, primeiro pelos açorianos e, a partir de 1920, por italianos. De tal modo, os primeiros habitantes foram Pedro Valente Lourenço, Xisto Tomazi, Pedro Rocha, Josué Votri, Luiz Abatti e Pedro Simon. Este último, devido à extração da madeira, tornou-se o primeiro industrial do povoado, atuando na fabricação de móveis. Em razão da falta de energia elétrica, Simon construiu um moinho d'água. Entretanto, após a chegada da eletricidade, investidores de diversas regiões se estabeleceram no município, fundando inúmeras casas comerciais. Com o passar do tempo e a mecanização das lavouras, ocorreu o êxodo rural e as pequenas indústrias desapareceram (Simon *et al.*, 2011).

A denominação “Ermo” é oriunda dos imigrantes que consideravam o local como de difícil acesso em razão das matas e várzeas alagadas. Distrito de Turvo desde 1956, o novo município foi o primeiro da América do Sul a ter um plebiscito computadorizado. O resultado foi próximo à unanimidade, sendo que 98% da população votaram pelo "sim", aderindo a emancipação da localidade. Conforme os dados divulgados pelo IBGE (2020), o município apresenta 93.1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 69.3% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 28% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), representados no quadro a seguir, no qual se expõe como é caracterizado o território e ambiente de Ermo.

Quadro 1 - Dados do IBGE sobre o município de Ermo.

Território	
Área da unidade territorial (2022)	65,311 km ²
Hierarquia urbana (2018)	Centro subregional A (3A) - Município integrante do Arranjo Populacional de Araranguá/SC
Região de Influência (2018)	Arranjo Populacional de Criciúma/SC - Capital Regional B (2B)
Região intermediária (2021)	Criciúma

Região imediata (2021)	Araranguá
Mesorregião (2021)	Sul Catarinense
Microrregião (2021)	Araranguá

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

3.1.1 Características fisiográficas

As características fisiográficas ou características físicas de uma região são de suma importância para compreender as dinâmicas de uso e cobertura do solo atuais, considerando que evidenciam sua história e formação. Deste modo, apresentam-se a seguir aspectos da geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação do município de Ermo.

Define-se como estrutura geológica qualquer feição resultante da deformação de rochas (Guerra, 2011). Quanto à geologia de Ermo, é formada pelas seguintes estruturas: Rio do Rasto, Depósitos Coluviais Holocênicos, Depósitos Aluvionares Holocênicos, Chuí e por um Corpo d'água continental. Já as unidades geomorfológicas são consideradas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente análogas em seus múltiplos tipos de modelados (IBGE, 2009), estando, de forma sintetizada, relacionadas às formas de relevo. Ermo apresenta como unidades geomorfológicas: Patamares da Serra Geral, Planícies Litorâneas, Planície Alúvio-coluvionares e Corpo d'água continental, configurando-se, portanto, como uma região plana.

No que se refere ao solo, a denominação promovida pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo é a de que corresponde a uma coleção de corpos naturais, formado por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, englobando materiais minerais e orgânicos que ocupam a majoritária parte do manto superficial das extensões continentais do planeta (Santos *et al.*, 2018). Assim, à respeito da pedologia, o município apresenta uma diversificação de tipos de solo, sendo estes: Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico, Neossolo Quartzarênico, uma porção de Área Urbana e um Corpo d'água continental.

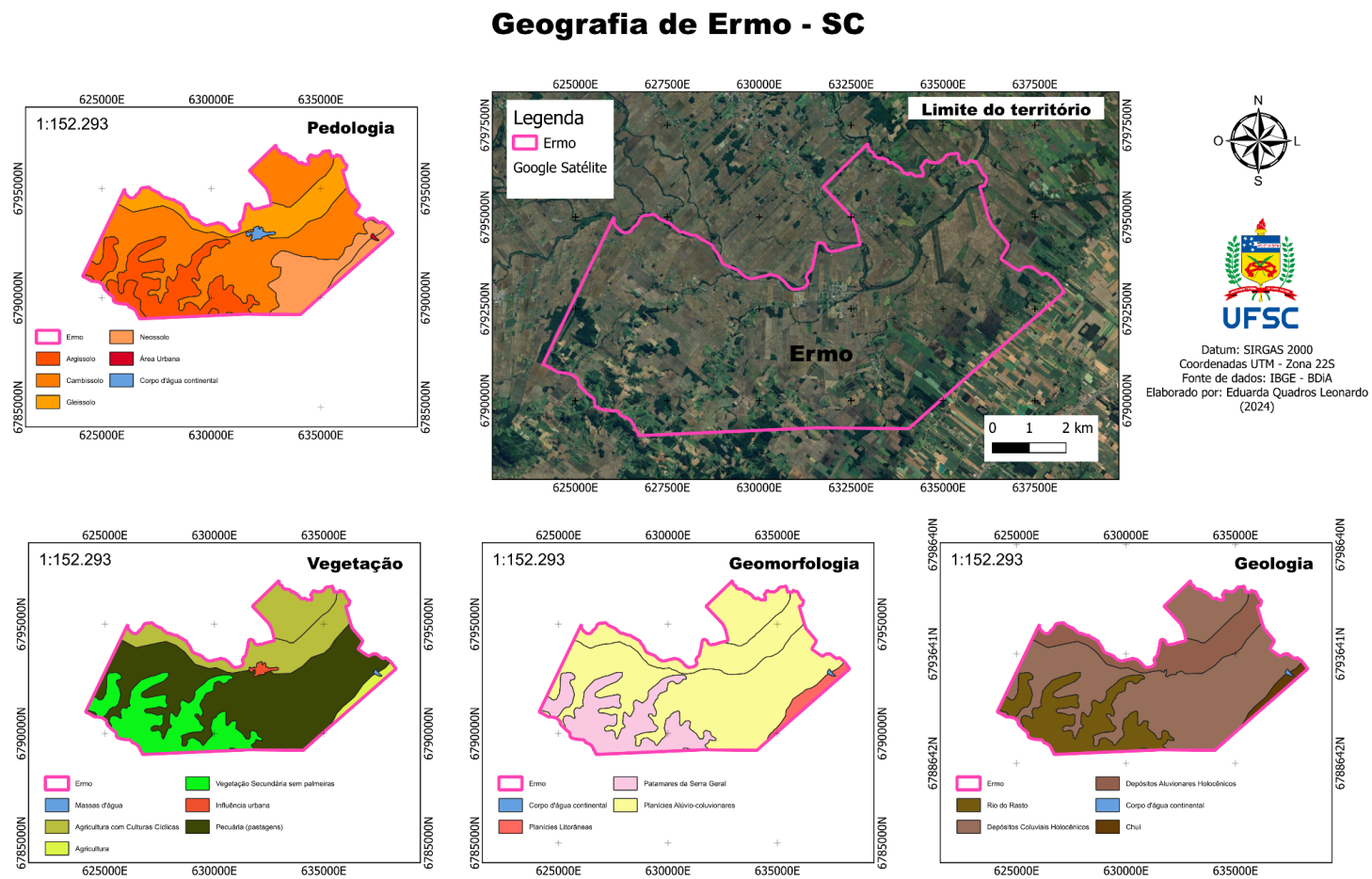
Em relação a cobertura vegetal, esta contribui de forma indispensável

para a proteção das unidades geoambientais contra os processos morfogenéticos (erosão do solo), nesse sentido, alguns elementos como a geologia, geomorfologia e o solo tendem a sofrer as consequências da transformação na vegetação (Almeida *et al.*, 2012). A extensão territorial do município é consideravelmente pequena, logo, a única cobertura vegetal corresponde à vegetação secundária sem palmeiras, todavia apresenta outras áreas com influência antrópica: Agricultura com Culturas Cíclicas, Pecuária (pastagens) e uma Área de Influência Urbana. Ademais, está presente na região fitoecológica¹ de Floresta Ombrófila Densa, inserida no bioma da Mata Atlântica.

As principais características fisiográficas do município estão sintetizadas na figura 2.

¹ Define-se região fitoecológica como um conjunto de ambientes caracterizados por uma relevância regional, inseridos nos mesmos fenômeno geológico, processos geomorfológicos, clima e, conseqüentemente, sustenta o mesmo tipo de vegetação (Sarmiento e Monasterio, 1971).

Figura 2 - Características fisiográficas do município de Ermo - SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 AGRICULTURA

A agricultura, em sua essência, configura-se como uma atividade longeva. É na pré-história, no período neolítico, que o homem começa conforme Mazoyer e Roudart (2010, p. 70) “a semear plantas e manter animais em cativeiro, com vistas a multiplicá-los e utilizar-se de seus produtos”, abandonando, portanto, o hábito nômade e passando a desenvolver o sedentarismo. Em consonância com Lima *et al.* (2019, p. 51) a agricultura

compreende a atividade econômica responsável pela produção de alimentos que ao longo da história da humanidade ocupou as terras férteis de vales e rios e posteriormente, desenvolveu técnicas e procedimentos que tornaram os solos mais produtivos, buscando sempre uma maior produtividade.

Explica-se, à vista disso, a permanência dessa prática econômica na era atual, consolidada como uma das principais fontes de alimentação do ser humano no mundo, marcada por revoluções tecnológicas, como a Revolução Verde², na busca contínua pela automatização das atividades, objetivando maximizar e facilitar a produção, bem como expandir suas fronteiras, representadas pelas áreas em que foram ampliadas as práticas agropecuárias sobre o meio natural.

Atualmente, ainda que o setor terciário se destaque como o mais representativo da economia brasileira quando se refere a Produto Interno Bruto - PIB, conforme dados divulgados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2023), em 2022 a agricultura contribuiu com 24,8% do PIB brasileiro, como também 47,6% das exportações. Dentro destas porcentagens, cabe destaque a um dos principais componentes da dieta da população brasileira: o arroz. De acordo com dados divulgados pela Embrapa (2023), 2022 foi marcado por uma produção total de 10,7 milhões de toneladas do grão, inserindo o Brasil em nono lugar na classificação mundial de maior produtor deste cereal.

Todavia, cabe ressaltar que a agricultura é uma prática econômica e atividade antrópica que depende excessivo uso do solo e pressão sobre este, em especial no que se refere ao cultivo de culturas que constituem papel significativo na

² A Revolução Verde é um modelo fundamentado pela utilização intensiva de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos na agricultura. Configura-se como um conjunto de estratégias e inovações tecnológicas visando a maior produtividade por intermédio do desenvolvimento de pesquisas em sementes, fertilização de solos, utilização de agrotóxicos e mecanização agrícola (Serra *et al.*, 2016).

base alimentar nacional, como o caso do arroz. Por conseguinte, faz-se mister que ocorra o monitoramento de áreas com aptidão para o cultivo orizícola, visando a produção de alimentos e uso do solo de maneira sustentável.

3.2.1 Agricultura familiar

A agricultura se subdivide em diferentes tipos de culturas agrícolas, dos quais alguns sistemas exploram tecnologias modernas, enquanto outros são mais convencionais. Dentre estes, tem-se a agricultura familiar, o qual Neves (2012, p. 39) conceitua como “modelo de organização de produção agropecuária onde predominam a interação entre gestão e trabalho, a direção do processo produtivo pelos proprietários e o trabalho familiar, complementado pelo trabalho assalariado”.

Conforme a Lei número (nº) 11.326 de julho de 2006, presente na Constituição Brasileira, considera-se agricultor familiar aquele que produz atividades econômicas no ambiente rural e que cumpre alguns requisitos básicos, como: não obter propriedade rural maior que 4 módulos fiscais (unidade de medida em hectares); utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas de propriedade; e possuir a maior parte da renda familiar advinda das atividades agropecuárias desenvolvidas no estabelecimento rural.

No contexto nacional, a agricultura familiar corresponde a fonte predominante de força de trabalho no meio rural e boa parte da produção de alimentos é oriunda deste sistema (Pasqualotto *et al.*, 2019). Além disso, também recebe papel de destaque na escala estadual de Santa Catarina, considerando que, de acordo com dados divulgados pelo IBGE (2017), 77% dos estabelecimentos agropecuários catarinenses foram classificados como agricultura familiar.

3.2.1.1 A agricultura no município de Ermo

O município de Ermo possui uma extensão territorial de aproximadamente 65,311 km², sendo considerada uma localidade pequena em comparação às demais regiões catarinenses. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (2012), atribui o valor do módulo fiscal de 18 hectares (ha) para o município. Portanto, em conformidade com a legislação brasileira, para se enquadrar na

categoria de agricultura familiar, uma propriedade ermense deve possuir até 72 ha, valor correspondente a 4 módulos fiscais. Nesse sentido, o Censo Agropecuário de 2006 divulgado pelo IBGE indica 180 estabelecimentos agropecuários e 2.175 (ha) pertencentes à agricultura familiar, em contraposição a 24 estabelecimentos e 1.315 (ha) não pertencentes, em Ermo.

A agricultura é a principal atividade da economia ermense, sobretudo devido à sua característica como uma localidade rural, onde a majoritária parte de seu território compreende a áreas de plantio e colheita de determinada cultura, como o arroz. Além disso, o município apresenta características favoráveis a este tipo de prática econômica, em virtude de sua proximidade com a Bacia do Rio Araranguá e grandes áreas de planície.

Dos 14 municípios presentes na região da Bacia do Rio Araranguá, Ermo corresponde ao quarto município com a maior porcentagem de redução da cobertura florestal entre os anos de 1980 à 2000. Relaciona-se, assim, isto ao fato de que é uma região de planície, onde ocorreu a expansão dos arrozais e, conseqüentemente, desaparecimento dos bosques residuais de mata secundária e de mata ciliar, e parte dos reflorestamentos de eucaliptos das pequenas propriedades (Atlas Ambiental da Bacia do Rio Araranguá, 2012).

No último Censo Agropecuário do IBGE (2021) o município possuía 3.424 hectares de área plantada de arroz, apresentando uma diferença de 924 hectares a mais do que foi registrado no ano de 2000, o qual correspondia a 2500 hectares plantados com a cultura.

3.2.2 O arroz

O arroz (Figura 3) é uma planta pertencente à família das gramíneas, do gênero *Oryza*, que dispõe de cerca de vinte espécies, das quais se destaca a *Oryza sativa* como a mais cultivada (Juliano, 1993). Este cereal participa com, aproximadamente, 28% da produção mundial de cereais de 2,8 bilhões de toneladas, sendo consumido pelas populações de todo o globo terrestre (Silva e Wander, 2023). Deste modo, percebe-se a importância dessa cultura em níveis globais, sobretudo no que tange os âmbitos alimentício e econômico.

Figura 3 - Planta de arroz.

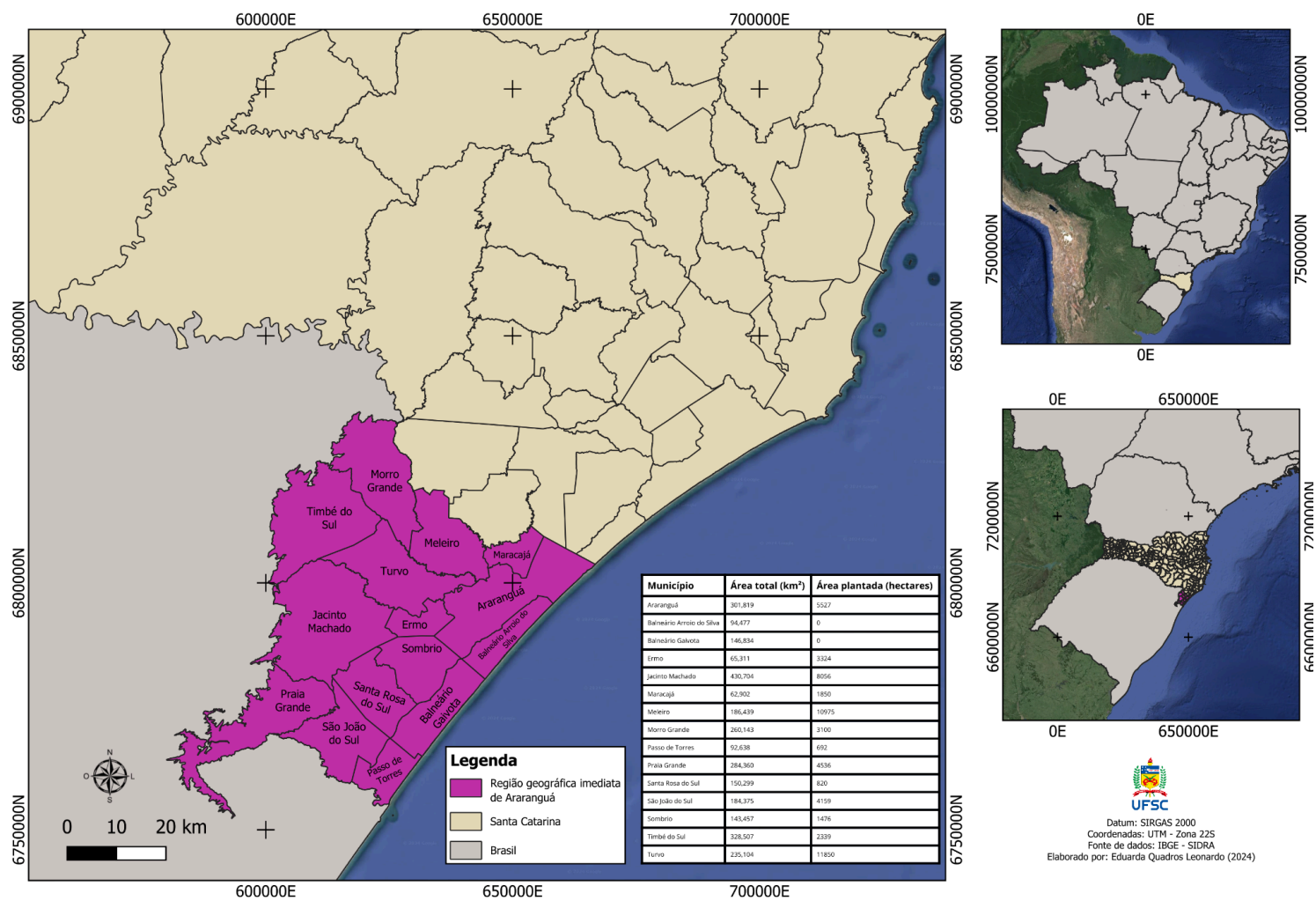


Fonte: Castro (2022).

No Brasil, destaca-se ainda o papel social do arroz, abrangendo duas esferas de sua cadeia produtiva, a primeira correspondente ao agente de cultivo, visto que, de acordo com a Confederação Nacional dos Agricultores Familiares e Empreendedores Familiares do Brasil - CONAFER (2020), 34% da produção nacional de arroz é oriunda da agricultura familiar. Enquanto a segunda está na figura do consumidor, conforme dados divulgados pelo IBGE (2020), o consumo do arroz é mais expressivo na população de baixa renda.

O estado de Santa Catarina se classifica como o segundo maior produtor nacional de arroz, estando somente atrás do Rio Grande do Sul (Garcia *et al.*, 2012), apresentando uma área plantada para a última safra (2023/2024) de 145.709 hectares, onde a maior parte equivale à região geográfica imediata de Araranguá (Figura 4), correspondente a 58.707 hectares de área plantada, com 3.324 hectares (5,66% do total para a região geográfica imediata) pertencentes ao município de Ermo.

Figura 4 - Municípios e área plantada de arroz na região geográfica imediata de Araranguá, no estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora (IBGE, 2022).

Referente à sua produção, o arroz é uma espécie hidrófila³. Logo, consideram-se dois ecossistemas para a cultura: o ecossistema de várzeas, o qual é irrigado por inundação controlada, e o ecossistema de terras altas, que abrange o sem irrigação e o com irrigação suplementar por aspersão (Santos *et al.*, 2006). No estado de Santa Catarina, o sistema de cultivo pré-germinado, presente no ecossistema de várzeas, corresponde a 80% da orizicultura dessa área (Oliveira e Vale, 2022).

3.2.2.1 A cultura orizícola no sistema de cultivo pré-germinado

Conforme Oliveira e Vale (2022, p. 27) “sistemas de cultivos são conjuntos de técnicas de manejo que definem a forma de implantação e condução das lavouras, a ordem e a descrição das atividades e práticas que visam à produção de arroz”. No caso de Santa Catarina, predomina-se o uso do cultivo pré-germinado, em decorrência da sua capacidade de reduzir o problema do crescimento indesejado de ervas daninhas no cultivo do arroz e à menor dependência das condições climáticas para a introdução de sementes. Este sistema é caracterizado pela inundação e preparo do solo que antecede a semeadura e a distribuição das sementes de arroz sobre a água, por intermédio da utilização de distribuidores (Oliveira e Vale, 2022).

É fundamental iniciar a inundação do terreno cerca de 25 a 30 dias antes da semeadura, em razão do tempo necessário para o crescimento das plântulas provenientes de sementes já germinadas e para conter o surgimento de plantas daninhas (Oliveira e Vale, 2022). Destarte, antecedente à manifestação de uma paisagem esverdeada correspondente à cultura orizícola, têm-se a presença de quadros cobertos por uma lâmina d'água que se assemelham à açudes ou lagos, como é possível observar na figura abaixo.

³ Plantas que crescem total ou parcialmente submersas.

Figura 5 - Solo inundado para o plantio do arroz no sistema pré-germinado em Ermo.



Fonte: Imagem da autora.

Quanto ao preparo do solo em um sistema de cultivo pré-germinado, as operações utilizadas são as de revolvimento pré-inundação, a formação da lama e o nivelamento e alisamento do solo. O revolvimento representa a inversão das camadas do solo, transportando nutrientes de outros estratos para a superfície. A formação de lama corresponde ao destorroamento, isto é, a remoção de aglomerados de terra e a homogeneização do solo. Em última instância, o nivelamento e o alisamento do solo, tal como pode ser inferido dos próprios termos, estão relacionados à configuração do terreno, transformando-o em uma extensão plana e nivelada (Oliveira e Vale, 2022).

3.3 SENSORIAMENTO REMOTO (SR)

Em sua gênese, o termo sensoriamento remoto (SR) foi utilizado visando a definição do desenvolvimento de uma nova tecnologia de ferramentas úteis para obtenção de imagens da superfície terrestre remotamente distantes. Em face disso, destaca-se este como uma técnica para adquirir imagens dos objetos da superfície terrestre, ainda que exista a ausência de contato físico entre o sensor e o objeto

(Lillesand *et al.*, 2015). A partir disso, infere-se a demanda de uma condição primordial estabelecida pela necessidade de o sensor estar em uma distância remota do objeto, fomentando, por conseguinte, o embasamento para uma conceituação científica do termo, orientada por alguns regulamentos (Meneses e Almeida, 2012), sendo eles:

- Exigência: não pode haver matéria no espaço entre o objeto e o sensor;
- consequência: deve haver possibilidade de a informação do objeto ser transportada pelo espaço vazio;
- processo: a comunicação entre o objeto e o sensor é feita por intermédio de radiação eletromagnética.

Dessa maneira, estas orientações colaboram para uma definição científica de sensoriamento remoto, proposta pelos autores como “uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. A partir disso, concebe-se uma compreensão detalhada do funcionamento da captação de imagens e a utilização destas dentro dessa tecnologia.

O sensoriamento remoto é fundamental para auxiliar na interpretação do espaço geográfico, constituindo-se de instrumentos computacionais que possibilitam a criação de informações espaciais por meio da análise e representação do espaço. Este apresenta ferramentas imprescindíveis para o monitoramento da dinâmica do uso e ocupação do solo, em razão de que proporciona maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica (Vaeza *et al.*, 2010). Portanto, configura-se como parte indispensável na aplicação deste trabalho.

3.3.1 Processamento digital de imagens

Para Meneses e Almeida (2012, p. 82) o processamento digital de imagens “consiste na execução de operações matemáticas dos dados, visando as suas transformações em imagens de melhores qualidades espectrais e espaciais e que sejam mais apropriadas para uma determinada aplicação”. Nesse sentido, a

realização do processamento de imagens de sensoriamento remoto está condicionada à sua finalidade, destarte, existem diversas técnicas que visam facilitar a resolução de problemas específicos, como no caso da utilização do solo agrícola, onde é fundamental identificar frequências que caracterizam as transformações nos padrões das classes de uso.

Dentro do processamento digital de imagens estão inclusas as fases de pré e pós-processamento, realce e classificação digital. O pré-processamento corresponde à etapa inicial de preparação dos dados brutos, para ajuste radiométrico da imagem, correções de distorções geométricas e eliminação de ruídos. Já o realce, relaciona-se com técnicas utilizadas para melhorar a qualidade visual da imagem. Por fim, desenvolve-se a classificação digital através de pixels ou regiões, resultando em um produto da imagem original segmentada em temas (Chen, 1989).

3.3.1.1 Técnicas de classificação de uso do solo

O processo de classificação multiespectral, para Crósta (1992, p. 111), “consiste em atribuir cada pixel de uma imagem a uma de um grupo de classes. Essa atribuição é feita com base em observações no pixel em si e na sua vizinhança e com base numa série de regras”. A partir disso, infere-se a necessidade de estabelecer previamente um conjunto de classes antes do início da classificação.

Como visto anteriormente, o sensoriamento remoto é fundamentado pela distinção e identificação de composições de diferentes materiais superficiais, viabilizada em razão destes apresentarem comportamentos individuais ao longo do espectro eletromagnético. Nesse sentido, utiliza-se a classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto para associar cada pixel da imagem a um “rótulo” caracterizando um objeto real, como a vegetação. Dessa maneira, os *digital numbers* (DN), ou números digitais, determinados pela reflectância dos materiais presentes nesse pixel, identificam-se a partir da forma de cobertura da superfície terrestre imageada, denominadas como temas e, por conseguinte, quando operação é efetuada para todos os pixels de uma área específica, resulta-se um mapa temático (Crósta, 1992).

Dentro da classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto existem duas abordagens, a classificação supervisionada e a não-supervisionada. Na primeira, conforme Crósta (1992, p. 112) “o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar todos os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida”. Por conseguinte, depreende-se que exista um conhecimento a respeito do uso e cobertura da superfície antecedente à aplicação computadorizada, de modo que o usuário treine o algoritmo. Já na classificação não-supervisionada, o próprio computador, isto é, o programa utilizado, realiza a identificação automática das classes dentro de um conjunto de dados (Crósta, 1992). Portanto, não há necessidade de conhecimento prévio da verdade do terreno por parte do usuário.

3.3.1.1.1 Classificador: Gaussian Mixture Models (GMM)

Existe um conjunto de algoritmos utilizados para a classificação de imagens de satélite e, dentro destes, está o de Máxima Verossimilhança Gaussiana (Campbell, 1987 apud Silva e Ferreira, 2019). Este faz o uso da média e covariância das amostras para computar a probabilidade estatística de um pixel pertencer a uma determinada classe. Posterior à análise da probabilidade para cada classe, o pixel é definido a uma destas, na qual a probabilidade resultante foi a mais alta (Ribeiro, 2003 apud Silva e Ferreira, 2019)

3.3.2 Validação de desempenhos de classificação de imagem em SR

A partir da classificação de imagens digitais, a confiabilidade deste tipo de produto oriundo do sensoriamento remoto depende de algum procedimento estatístico que determine a acurácia ou exatidão desta classificação (Bernardes, 2006).

Conforme Prina e Trentin (2015, p. 132) “a matriz de confusão é a forma de representação da qualidade obtida de uma classificação digital de imagem, sendo expressa por meio da correlação de informações dos dados de referência com os dados classificados”. Esta lista os valores correspondentes aos tipos de cobertura

conhecidos (dados de referência) em colunas e os dados classificados em linhas, na qual a diagonal principal constitui os pixels classificados corretamente. Logo, trata-se de uma forma de validação do produto final ou mapa temático das classes, corroborando para a credibilidade da classificação.

Para testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão) na classificação, por intermédio da matriz de confusão, obtém-se o coeficiente Kappa, definido por Perroca e Gaidzinski (2003, p. 74) como “uma medida de associação usada para descrever e testar o grau de concordância do classificador”. Portanto, utiliza-se este como uma forma de medir o quanto a classificação está correspondente aos dados de referência, ou verdade do terreno. O coeficiente Kappa é obtido através do cálculo a seguir, proposto por Cohen (1960 apud Figueiredo e Vieira, 2007):

Figura 6 - Cálculo do coeficiente Kappa.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}$$

Fonte: Figueiredo e Vieira (2007).

- Onde **K** é uma estimativa do coeficiente Kappa;
- **x_{ii}** é o valor na linha i e coluna i;
- **x_{i+}** é a soma da linha i;
- **x_{+i}** é a soma da coluna i da matriz de confusão;
- **n** é o número total de amostras;
- **c** o número total de classes.

No quadro 2, tem-se o nível de confiabilidade do desempenho da classificação para o valor de Kappa proposto pelo autor.

Quadro 2 - Índice Kappa e classificação do desempenho.

Índice Kappa	Desempenho
< 0	Péssimo

$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000).

Além da matriz de confusão, outra forma de validação da classificação que se aproxima da verdade real do terreno é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Este foi proposto por Rouse *et al.* (1973) como a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho e pela soma destas (Figura 7). O NDVI é um indicador sensível da vegetação, apresentando valores que variam no intervalo de -1 a 1 (Rouse *et al.* 1973, apud Boratto e Gomide, 2013).

Figura 7 - Cálculo NDVI.

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

Fonte: Sairaiva *et al.* (2012)

- Onde NIR é a banda infravermelho próximo;
- e R (*red*) é a banda vermelho.

Sendo assim, é possível utilizar o NDVI como parâmetro indicador da dinâmica espaço-temporal relacionado ao uso heterogêneo do solo, em razão da sua sensibilidade de detecção englobar radiação visível e infravermelho na superfície (Bezerra *et al.*, 2011). Logo, com a modificação da cobertura natural ou substituição por outra forma de uso, tem-se alteração também nos valores do NDVI.

Como se concentra em um intervalo de -1 a 1, os maiores valores de NDVI (próximos a 1) representam *digital numbers* mais altos, relacionados a vegetações mais densas. Já os menores valores (próximos a 0) correspondem aos DN mais baixos, caracterizados por uma vegetação com menos vigor ou até mesmo o solo sem cobertura vegetal (Boratto e Gomide, 2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho com base nos objetivos propostos, foram utilizadas ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, necessárias para o pré-processamento e processamento dos dados, objetivando o desenvolvimento de mapas temáticos e levantamento da proposta do trabalho na área de estudo. Nesta seção, serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a construção deste projeto.

4.1 SOFTWARES E EQUIPAMENTOS

O processamento das informações foi possível com o uso de diferentes *softwares* e equipamentos que deram suporte nas etapas de pós-processamento dos dados e informações. Priorizou-se o uso de *softwares* gratuitos, portanto, toda a cartografia presente neste trabalho foi desenvolvida através do *software* QGIS© na versão 3.36.0. Além deste, fez-se o uso do Paint© para construção das chaves de interpretação, do site Canva© para desenvolvimento do fluxograma e da chave de classificação, do Word© 2021 para a escrita da pesquisa, do Excel© 2021 para construção das tabelas com as estatísticas, do *software* Multispec© para os primeiros testes de classificação das imagens, optou-se, porém, pela realização da classificação das imagens de satélite em apenas um *software*, neste caso, o QGIS©, e do Google Earth Pro© para visualização de imagens históricas.

4.2 BASE DE DADOS AUXILIARES

Para a confecção dos mapas, desenvolvimento do referencial teórico e dos resultados e discussões, utilizou-se a base de dados geográficos (vetoriais e matriciais) de várias fontes, representados pelo quadro 3.

Quadro 3 - Base de dados auxiliares (Metadados).

Itens	Fonte	Escala	Tipo do dado	Ano
Arroz inundado	Agência Nacional das Águas - ANA	1:250.000	Vetorial (polígono)	2020
Cursos d'água	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	1:25.000	Vetorial (linha)	2023
Rodovias	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	1:25.000	Vetorial (linha)	2023
Divisão territorial de municípios, estados e países	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	1:250.000	Vetorial (polígono)	2022
Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação	Banco de Informações Ambientais - BDIA (IBGE)	1:250.000	Vetorial (polígono)	2023
Imagens de satélite	<i>United States Geological Survey - USGS EarthExplorer</i>	1:150.000	Matricial	2006, 2014 e 2022
Área Consolidada	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - Sicar	1:25.000	Vetorial	2024

Fonte: ANA (2020), IBGE (2022/2023), USGS (2006/2014/2022), Sicar (2024).

Excetuando as bases do mapa de localização, as demais bases geográficas foram reduzidas apenas para abrangência territorial do município de Ermo - SC.

4.3 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Foram selecionadas imagens do satélite Landsat 5 (sensor TM) e Landsat 8 (sensor OLI), disponibilizadas pelo órgão governamental estadunidense *United States Geological Survey* - USGS, por intermédio da plataforma digital *Earth Explorer*. Optou-se por este satélite devido a gratuidade das imagens, com correção geométrica, bem como resolução espacial e temporal propícia para realização da escala proposta para a pesquisa.

Considerando o recorte temporal proposto, as imagens adquiridas correspondem aos anos de 2006, 2014 e 2022, isto é, em um intervalo de 8 em 8 anos, entre os meses de agosto e setembro, período em que se inicia o processo de inundação do terreno e semeadura dentro do sistema de cultivo pré-germinado do arroz no município de Ermo. Efetuou-se a escolha deste recorte em virtude da melhor visibilidade das imagens, evidenciada pela ausência de nuvens, como também pela maior possibilidade de identificar e distinguir as características de uso e cobertura do solo, expressadas principalmente pelas classes de solo inundado, solo exposto e lavouras já consolidadas, em outras palavras, áreas agrícolas. As imagens Landsat adquiridas podem ser visualizadas no quadro 4.

Quadro 4 - Imagens adquiridas do satélite Landsat.

Data da imagem	Satélite	Órbita	Ponto da imagem	Sensor
05/09/2006	Landsat 5	220	080	TM
26/08/2014	Landsat 8	220	080	OLI
01/09/2022	Landsat 8	220	080	OLI

Fonte: Elaborado pela autora.

As imagens de satélite foram corrigidas geometricamente para o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000, Zona 22S.

4.4 COMPOSIÇÃO DE BANDAS LANDSAT

A utilização de dois satélites diferentes se deu em razão da descontinuidade do satélite Landsat 5 no ano de 2011. Uma das diferenças entre estes está relacionada às bandas presentes nos sensores (TM e OLI), apresentadas no quadro a seguir.

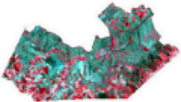

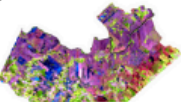
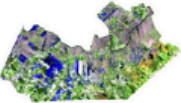
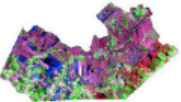
Quadro 5 - Características dos sensores utilizados na pesquisa.

Sensor TM (Landsat 5)			Sensor OLI (Landsat 8)		
Bandas	Resolução espectral (micrômetros)	Resolução espacial (metros)	Bandas	Resolução espectral (micrômetros)	Resolução espacial (metros)
Banda 1 - Azul	0.45 - 0.52	30	Banda 1 - Azul costeiro	0.43 - 0.45	30
Banda 2 - Verde	0.50 - 0.60		Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	
Banda 3 - Vermelho	0.63 - 0.69		Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	
Banda 4 - Infravermelho próximo	0.76 - 0.90		Banda 4 - Vermelho	0.64 - 0.67	
Banda 5 - Infravermelho médio	1.55 - 1.75		Banda 5 - Infravermelho próximo	0.85 - 0.88	
Banda 6 - Infravermelho Termal	10.4 - 12.5	120	Banda 6 - Infravermelho médio	1.57 - 1.65	
Banda 7 - Infravermelho médio	2.08 - 2.35	30	Banda 7 - Infravermelho médio	2.11 - 2.29	
			Banda 8 - Pancromática	0.50 - 0.68	15
			Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30

Fonte: Adaptado de EngeSat (2024).

As imagens do satélite Landsat (5 e 8) adquiridas no *Earth Explorer* estão em níveis de cinza (0-255), sendo assim, após a aquisição é essencial realizar uma junção das bandas espectrais nos canais *red* (vermelho), *green* (verde) e *blue* (azul), sistema RGB, resultando em imagens em que seus elementos podem ser facilmente distinguíveis no espectro visível. Para a composição colorida das imagens, fez-se necessário utilizar a função mosaico do Menu Raster, no programa QGIS©. Nesse sentido, optou-se pela composição “Cores Naturais Simuladas”, falsa cor, representada pelas bandas 5, 4 e 3 (R5, G4, 3B) no Landsat 5, e 6, 5 e 4 (R6, G5, B4) no Landsat 8, utilizada para análise de vegetação, foi constituída por composições diferentes nos dois satélites, visto que no Landsat 8 há um acréscimo de bandas em comparação aos seus antecessores. Na figura 8 constam as composições coloridas utilizadas para a classificação supervisionada.

Figura 8 - Composições coloridas utilizadas nos satélites Landsat.

		Landsat 5 e 7	Landsat 8
	Falsa cor infravermelho	4 - 3 - 2	5 - 4 - 3
	Cores naturais	3 - 2 - 1	4 - 3 - 2
	Cores naturais simuladas	5 - 4 - 3	6 - 5 - 4
	Cores naturais simuladas	7 - 5 - 3	7 - 6 - 4
	Cores naturais simuladas	7 - 4 - 2	7 - 5 - 3

Fonte: Adaptado de ESRI (2013).

4.5 CHAVE DE INTERPRETAÇÃO










É possível realizar a observação das paisagens de diversas formas e cada uma favorece a identificação e interpretação de objetos e fenômenos. Dentre estas, está a interpretação visual das imagens de satélite, as quais integram o sistema de análise de dados em sensoriamento remoto. Tem-se, no decorrer dos anos, uma acentuada demanda e degradação dos recursos naturais nas dimensões locais, regionais e globais e, portanto, urge a necessidade da aplicação do sensoriamento remoto no levantamento destes, principalmente no que tange os estudos temporais, visto que a partir de sua utilização há a possibilidade de comparação do objeto estudado em períodos diversos, objetivando a contribuição para o planejamento e mudança em busca do uso sustentável (Panizza e Fonseca, 2011).

Para a interpretação visual, sugerem Panizza e Fonseca (2011), um roteiro metodológico, com o intuito de minimizar a subjetividade na interpretação do resultado da classificação. Como esta demanda treinamento, um roteiro com as etapas necessárias habitua o usuário com os parâmetros de observação.

Na primeira etapa, encontra-se a identificação, na qual o usuário correlaciona o objeto observado com outro já conhecido. Já na segunda etapa, o usuário desenvolve processos de dedução ou indução, independente da parte visível do objeto. Por fim, na última etapa, de interpretação, o usuário desenvolve correlações entre os componentes definidos na imagem e elabora hipóteses interpretativas.

Nas etapas de identificação e dedução/indução, faz-se possível a utilização de técnicas como a criação de uma chave de interpretação. Portanto, para a realização da interpretação visual das imagens de satélite deste trabalho, desenvolveu-se uma chave de interpretação (Quadro 6) com os seguintes parâmetros: 1) Identificação da Tipologia, 2) Tonalidade, 3) Textura, 4) Legenda (com base no resultado da classificação das imagens - temático) e 5) As composições coloridas das imagens Landsat 5 e 8. Deste modo, foi possível realizar a interpretação do comportamento das classes de uso e cobertura do solo nos espaços temporais de 2006, 2014 e 2022 e, conseqüentemente, a distinção e/ou semelhança entre estas com o passar do tempo.

Quadro 6 - Chave de interpretação.

Identificação da Tipologia	Tonalidade	Textura	Legenda	Landsat 5 (RGB 543)	Landsat 8 (RGB 654)
1 - Vegetação	Escura	Rugosa			
2 - Solo exposto	Escura	Lisa			
3 - Solo inundado	Escura	Lisa			
4 - Água	Escura	Lisa			
5 - Lavoura	Clara	Lisa			

Fonte: Adaptado de Panizza e Fonseca (2011).

No fluxograma a seguir é possível identificar o passo a passo para a construção da chave de interpretação visualizada acima, sendo esta um dos objetivos alvos deste trabalho e que agora pode ser utilizada para demais pesquisas que necessitam da compreensão do uso e cobertura do solo presente no município de Ermo, de modo a facilitar a interpretação do usuário.

Figura 9 - Fluxograma para a chave de interpretação.



Fonte: Elaborado pela autora.

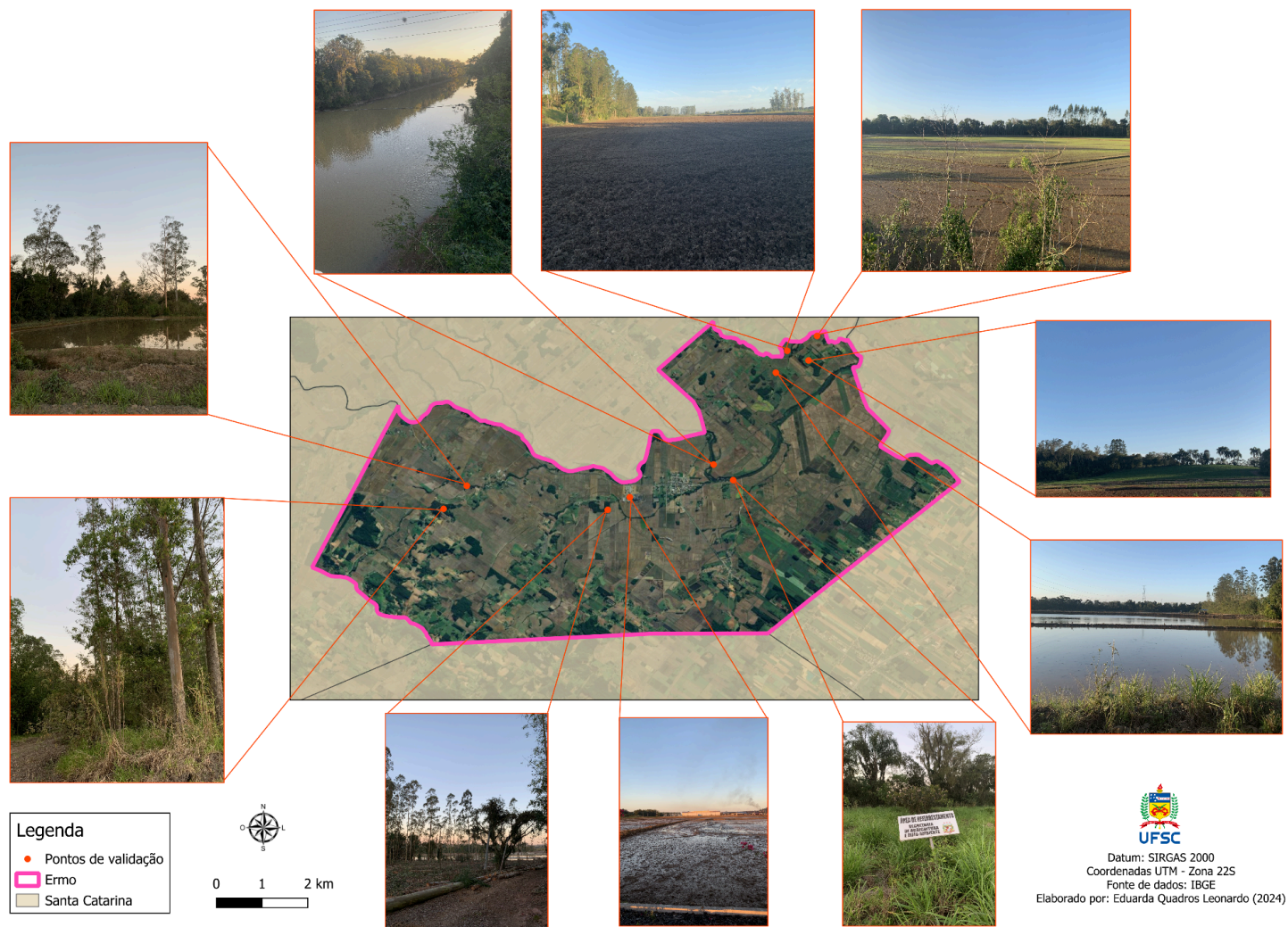
4.6 TESTES E VALIDAÇÃO

Como já foi mencionado, necessita-se de um grau de confiabilidade em relação aos produtos desenvolvidos por meio de sensoriamento remoto. Desta forma, buscou-se neste trabalho formas de validar e testar as classificações realizadas por intermédio do Gaussian Mixture Models (GMM), utilizado no algoritmo “dzetsaka”, disponível no programa QGIS®.

Tratando-se de uma classificação supervisionada, a etapa preliminar de validação foi realizada através de uma saída de campo. A partir da utilização de pontos com coordenadas geradas automaticamente no programa QGIS®,

verificou-se *in loco* a distribuição espacial das classes de uso e cobertura do solo atual no território ermense, levantando embasamento para analisar o grau de concordância da imagem classificada com a verdade do terreno. Na figura 10 é possível observar a disposição dos pontos no município e o registro fotográfico de cada um.

Figura 10 - Registros fotográficos das classes, etapa de validação da classificação.



Fonte: Elaborado pela autora.

Outra etapa de teste e validação correspondeu ao uso da matriz de confusão. Esta etapa foi desenvolvida a partir das imagens classificadas, dentro do programa QGIS©, através do algoritmo “AcATaMa”. Este permite ao usuário determinar uma quantidade de pontos dentro da imagem classificada, estes pontos equivalem a partes da imagem que representam as classes definidas e que são utilizadas para comparar com a verdade do terreno, isto é, a imagem de satélite. No quadro 7 é possível verificar a quantidade de pontos definidos para verificação de cada classe resultante.

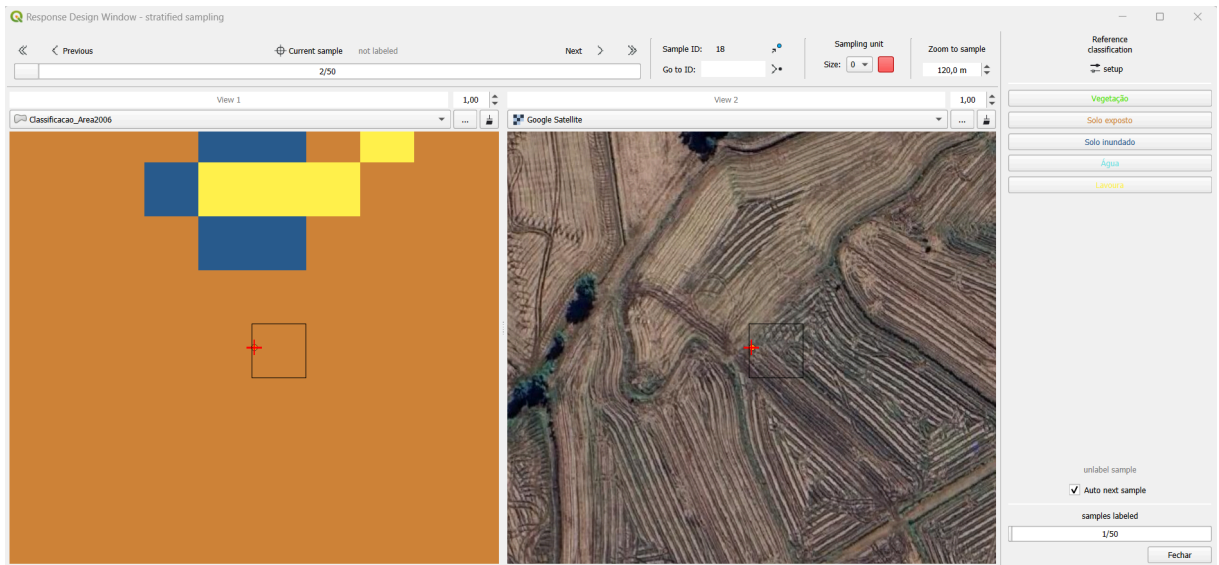
Quadro 7 - Quantidade de pontos utilizados para matriz de confusão.

Classe	Quantidade de pontos
Vegetação	50
Solo exposto	30
Solo inundado	30
Água	30
Lavoura	50
Total	190

Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 11, tem-se um exemplo da tela que apresenta a comparação entre um ponto na imagem classificada, que neste caso está dentro de uma área de cor laranja (solo exposto), com uma área sem a presença de cobertura vegetal na imagem de satélite, portanto, coincidente com a classe de solo exposto. Dessa forma, é possível inferir que a classificação desse ponto está correta e corresponde à verdade do terreno.

Figura 11 - Tela do algoritmo AcATaMa.



Fonte: Adaptado de QGIS.

Após a finalização das comparações, o algoritmo gera um arquivo contendo a matriz de confusão, com os dados da imagem de satélite em colunas e os dados classificados em linhas, resultando na diagonal principal com os pontos coincidentes entre a imagem do satélite e o resultado da classificação supervisionada. O índice Kappa obtido para o ano de 2006 foi de 0,8451, considerado como excelente (Tabela 1).

Tabela 1 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2006.

Matriz de confusão		Classes da Verdade Terreno				
		1	2 (Solo exposto)	3 (Solo inundado)	4 (Água)	5 (Lavoura)
Classes da Imagem Classificada	1 (Vegetação)	47	0	0	0	3
	2 (Solo exposto)	1	29	0	0	0
	3 (Solo inundado)	1	0	29	0	0
	4 (Água)	6	1	2	18	3
	5 (Lavoura)	4	1	0	1	44

Fonte: Elaborado pela autora.

O mesmo foi alcançado para o ano 2014 que apresentou um índice Kappa de 0,9264 (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2014.

Matriz de confusão		Classes da Verdade Terreno				
		1 (Vegetação)	2 (Solo exposto)	3 (Solo inundado)	4 (Água)	5 (Lavoura)
Classes da Imagem Classifi cada	1 (Vegetação)	48	0	0	0	2
	2 (Solo exposto)	2	28	0	0	0
	3 (Solo inundado)	0	0	30	0	0
	4 (Água)	0	0	3	27	0
	5 (Lavoura)	3	1	0	1	46

Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, o índice Kappa obtido para o ano de 2022 foi de 0,8793 (Tabela 3).

Tabela 3 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2022.

Matriz de confusão		Classes da Verdade Terreno				
		1 (Vegetação)	2 (Solo exposto)	3 (Solo inundado)	4 (Água)	5 (Lavoura)
Classes da Imagem Classifi cada	1 (Vegetação)	50	0	0	0	2
	2 (Solo exposto)	1	29	0	0	0
	3 (Solo inundado)	0	0	30	0	0
	4 (Água)	2	0	9	18	0
	5 (Lavoura)	4	1	0	0	45

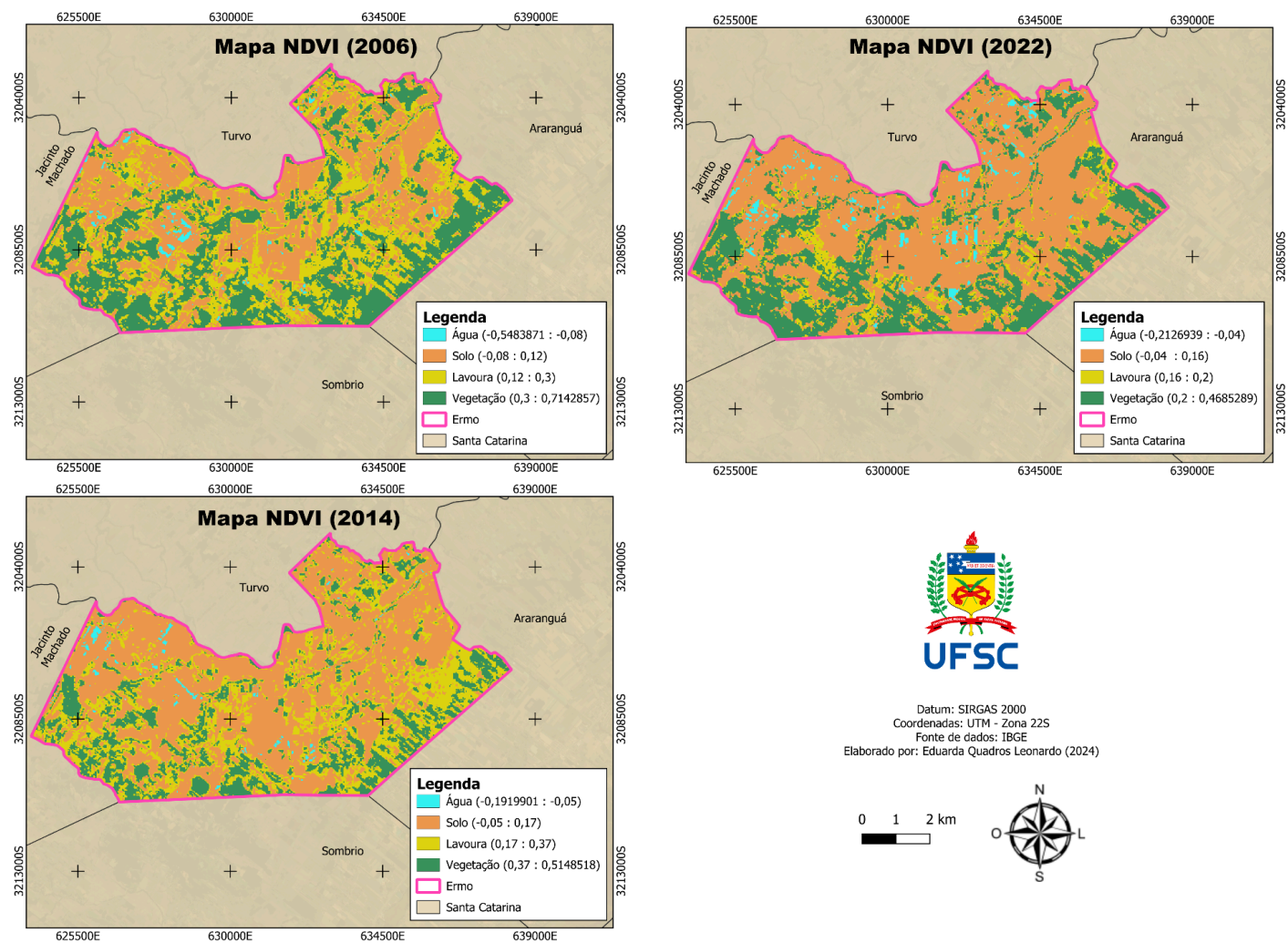
Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da análise das matrizes de confusão, bem como por meio dos índices Kappa resultantes, conclui-se um grau de concordância alto das imagens classificadas, logo, consideram-se produtos confiáveis para a interpretação das imagens e debates acerca da proposta da pesquisa.

Entretanto, aplicou-se ainda uma segunda etapa de teste de validação, por intermédio do uso do NDVI. Para tal, foi necessário estipular limiares dentro dos intervalos 1 e -1, bem como para diminuir a confusão espectral das classes de solo, optou-se por agregar duas classes de solo em uma única classe resultando a classificação final em 4 classes de uso, são elas: Água, Solo (solo inundado e solo exposto), Lavoura e Vegetação. Deste modo, foi possível utilizar o mapa resultante do cálculo NDVI das imagens de satélite como comparativo com as imagens classificadas.

O mapa a seguir representa o resultado da aplicação do índice NDVI para os anos de 2006, 2014 e 2022, obtendo-se como resultado os limiares entre -0,5483871 a 0,7142857 para o ano de 2006, entre -0,1919901 a 0,5148518 para o ano de 2014 e entre -0,2126939 a 0,4685289 o ano de 2022 (Figura 12).

Figura 12 - Mapa temático NDVI para os anos de 2006, 2014 e 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos resultados do índice NDVI, foi possível compará-los com as imagens classificadas. Entretanto, deparou-se ainda com uma maior confusão espectral na classe água justamente pela proximidade dos limiares nos resultados da imagem NDVI e, por ser uma área encharcada, preparada para o plantio de arroz, supõe-se que a confusão seja em decorrência desse fator. Além disso, percebeu-se também uma proximidade dos limiares em relação a classe de vegetação e a lavoura já consolidada, em virtude da similaridade das respostas espectrais e semelhança dos aspectos arbóreos, melhor visualizado nos mapas temáticos das classes, destacados na seção de resultados e discussões. Todavia, os mapas NDVI e a classificação das imagens de satélite se apresentam notavelmente correlatos, sobretudo concernente à classe de solo exposto, corroborando também para a confiabilidade do uso do índice para análise dos resultados.

4.7 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CONFLITOS DE USO DO SOLO

Para analisar os possíveis conflitos de uso do solo no município, utilizou-se da base cartográfica contínua de Hidrografia na escala 1:25.000 disponibilizada pelo IBGE, em formato *shapefile*. Optou-se por utilizar uma imagem base do *Google Satellite* para identificar, por intermédio de medições, a largura dos cursos d'água. Baseando-se nesta medida, fez-se o uso da ferramenta de análise de proximidade chamada *Buffer*, disponível no QGIS©, aplicando-se uma distância de 50 m dos cursos d'água para delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APP) conforme indicação do Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, para os anos de 2014 e 2022. Para o ano de 2006, fez-se o uso da mesma distância (50 m), porém em conformidade com a antiga Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989, que antecedeu a atualização do Código Florestal atual.

Com as APPs resultantes, inferiu-se aos vetores originados da aplicação da ferramenta *buffer* utilizados como camada de sobreposição que foram sobrepostos aos mapas resultantes da classificação do uso e cobertura do solo, utilizado como camada de entrada. Esta sobreposição foi realizada a partir de dois algoritmos disponíveis no programa QGIS©:

- **Ferramenta de Análise de sobreposição:** testa se a geometria de uma camada compartilha espaço com a outra camada, o algoritmo

calcula a área e a porcentagem de cobertura pela qual os recursos de uma camada de entrada são sobrepostos pelos recursos de uma seleção de camadas de sobreposição. Resultando em novos atributos na camada de saída, com a área total de sobreposição da classe de uso e a porcentagem do recurso de entrada sobreposta nas camadas de sobreposição selecionadas;

- **Ferramenta de Intersecção:** esse algoritmo extrai a geometria compartilhada entre as feições nas camadas de entrada e de sobreposição. As informações da camada resultante são agregadas aos atributos das feições sobrepostas.

Desse modo, foi possível quantificar apenas as classes dentro da área de influência da APP, onde, conforme o Código Florestal, supostamente existiria a presença somente da vegetação nativa e preservada. Nessa pesquisa se considerou como classes de possíveis conflitos em relação à legislação de uso do solo nas APPs os seguintes usos: Solo exposto, Solo Inundado e Lavoura. As classes Vegetação e Água foram consideradas usos sem conflito na área de APP.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são abordados os resultados obtidos após a finalização do procedimento metodológico aplicado nesse trabalho. Desse modo, será apresentada a cartografia temática para representação da distribuição espacial dos possíveis usos e conflitos de uso, bem como as discussões referentes aos resultados para atingir os objetivos propostos no início da pesquisa.

5.1 ÁREAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE ERMO

Como já foi mencionado anteriormente, o município de Ermo tem como base de sua economia a agricultura, em especial, a cultura orizícola, posto que sua extensão territorial corresponde a 65,311 km² e, hoje, mais da metade da área municipal (33,24 km²) é utilizada para a produção de arroz. A informação sobre a produção agrícola foi obtida a partir de dados divulgados pelo IBGE, por intermédio de seu acervo disponível no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) apresentado na tabela 4:

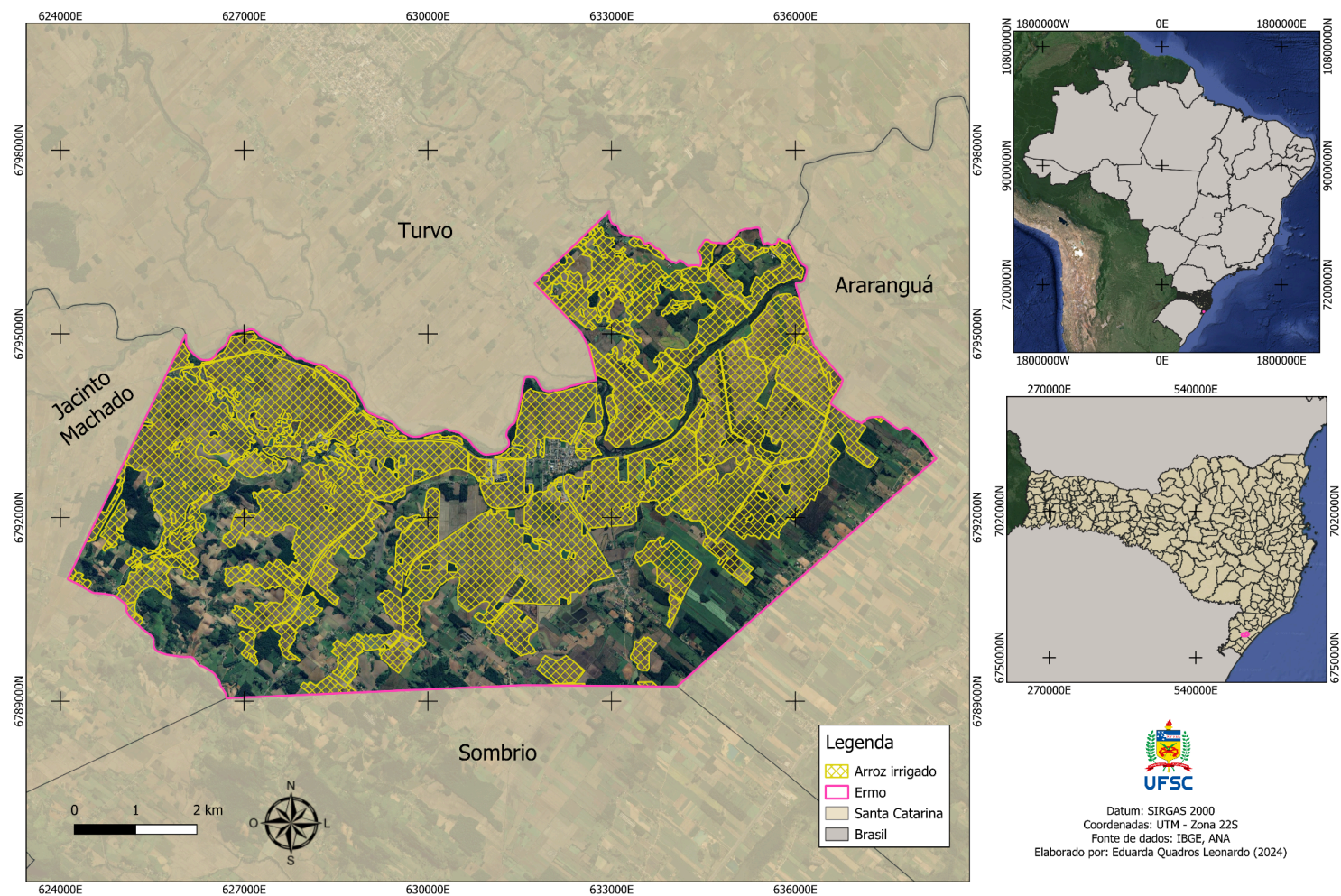
Tabela 4 - Área plantada de arroz no município conforme os anos.

Área plantada de arroz (hectares)		
2006	2014	2022
3.100	3.100	3.324

Fonte: Adaptado de IBGE - SIDRA (2022).

Além disso, considerando a dependência do arroz em relação ao uso de recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), por intermédio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) também disponibiliza um mapeamento atualizado de áreas de produção de arroz irrigado, essa base geográfica foi utilizada para elaboração do mapa da figura 13.

Figura 13 - Mapa de áreas de produção do arroz irrigado no município conforme a ANA.



Fonte: Elaborado pela autora.

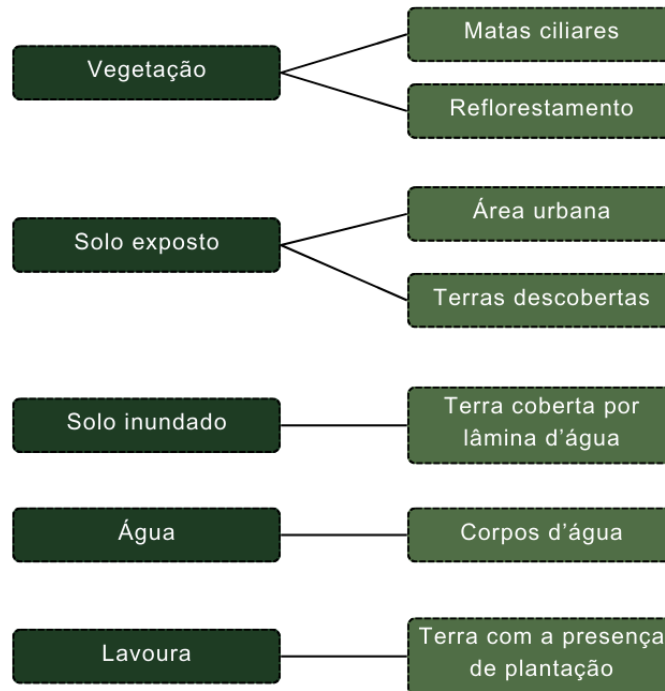
5.2 MUDANÇAS DE USO DO SOLO NO PERÍODO DE 2006, 2014 A 2022

As informações de organização espacial obtidas através da saída de campo foram utilizadas para fundamentar a classificação automática gerada posteriormente no programa QGIS©, feita por intermédio da ferramenta “dzetsaka”. Esta permite ao usuário a criação manual de polígonos (amostras de treinamento) e a nomeação das classes a partir da imagem de satélite, executando automaticamente a classificação total da imagem com base nessas amostras. Para tal, o algoritmo possibilita a utilização do Gaussian Mixture Models (GMM), realizando a classificação automática por Máxima Verossimilhança (MaxVer).

Desenvolveu-se uma chave de classificação (Figura 14) com base na análise das feições dispostas na área de estudo, determinando, assim, cinco classes de uso de solo, correspondentes a organização espacial da cultura orizícola nos meses da aquisição das imagens, isto é, de agosto à setembro, sendo elas:

- 1) Vegetação: corresponde às matas ciliares e áreas de reflorestamento.
- 2) Solo exposto: áreas onde não há cobertura florestal ou agrícola, considerado como pousio, bem como a parte urbana do município.
- 3) Solo Inundado: terras cobertas somente por uma lâmina d’água, condição inerente ao plantio de arroz pré-germinado.
- 4) Água: corpos d’água como rios, lagos, açudes, dentre outros.
- 5) Lavoura: plantações já consolidadas, com a presença de lavouras.

Figura 14 - Chave de classificação.

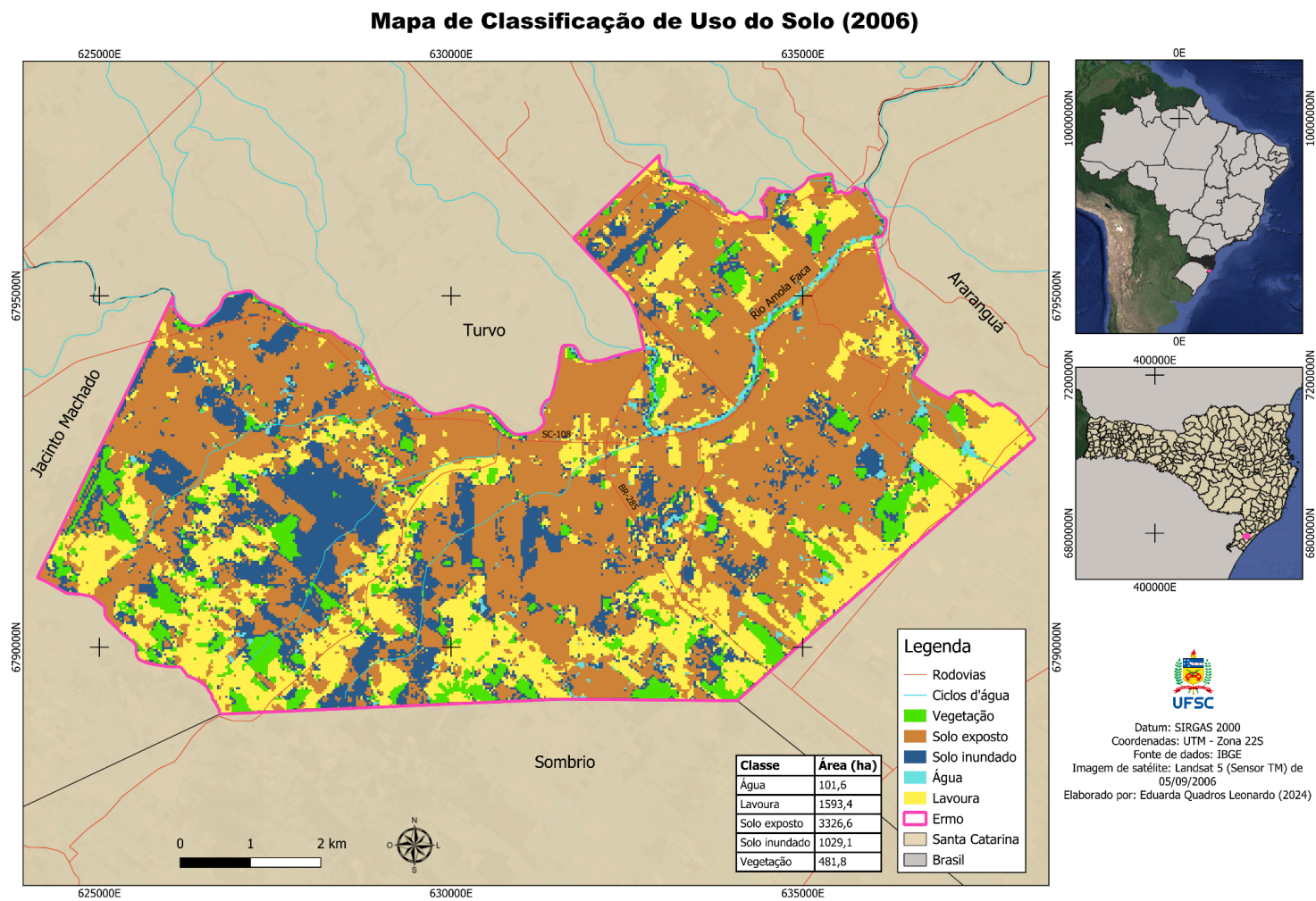


Fonte: Elaborado pela autora.

Cabe salientar que em razão da proximidade das respostas espectrais e, conseqüentemente, a impossibilidade de diferenciar solo exposto da área urbana do município, esta segunda foi integrada à primeira, tornando-se uma classe única, destarte, as discussões apresentadas nesta pesquisa não contarão com uma análise de caráter socioespacial aprofundada. Além disso, as áreas de reflorestamento representam a atividade de silvicultura, localizadas dentro de formações florestais em virtude de sua forma arbórea semelhante, outrossim, a resolução das imagens selecionadas não permitiram maior detalhamento e individualização das categorias de reflorestamento por meio da diferenciação das espécies arbóreas.

A primeira classificação corresponde ao ano de 2006, na qual é possível observar visualmente uma extensão maior de solo exposto, que foi quantificada em 3.326,6 ha, seguida pela lavoura já consolidada, com 1.593,4 ha, solo inundado com 1.029,1 ha, vegetação com 481,8 ha e por fim a classe água com 101,6 ha. Esta está representada na figura 15.

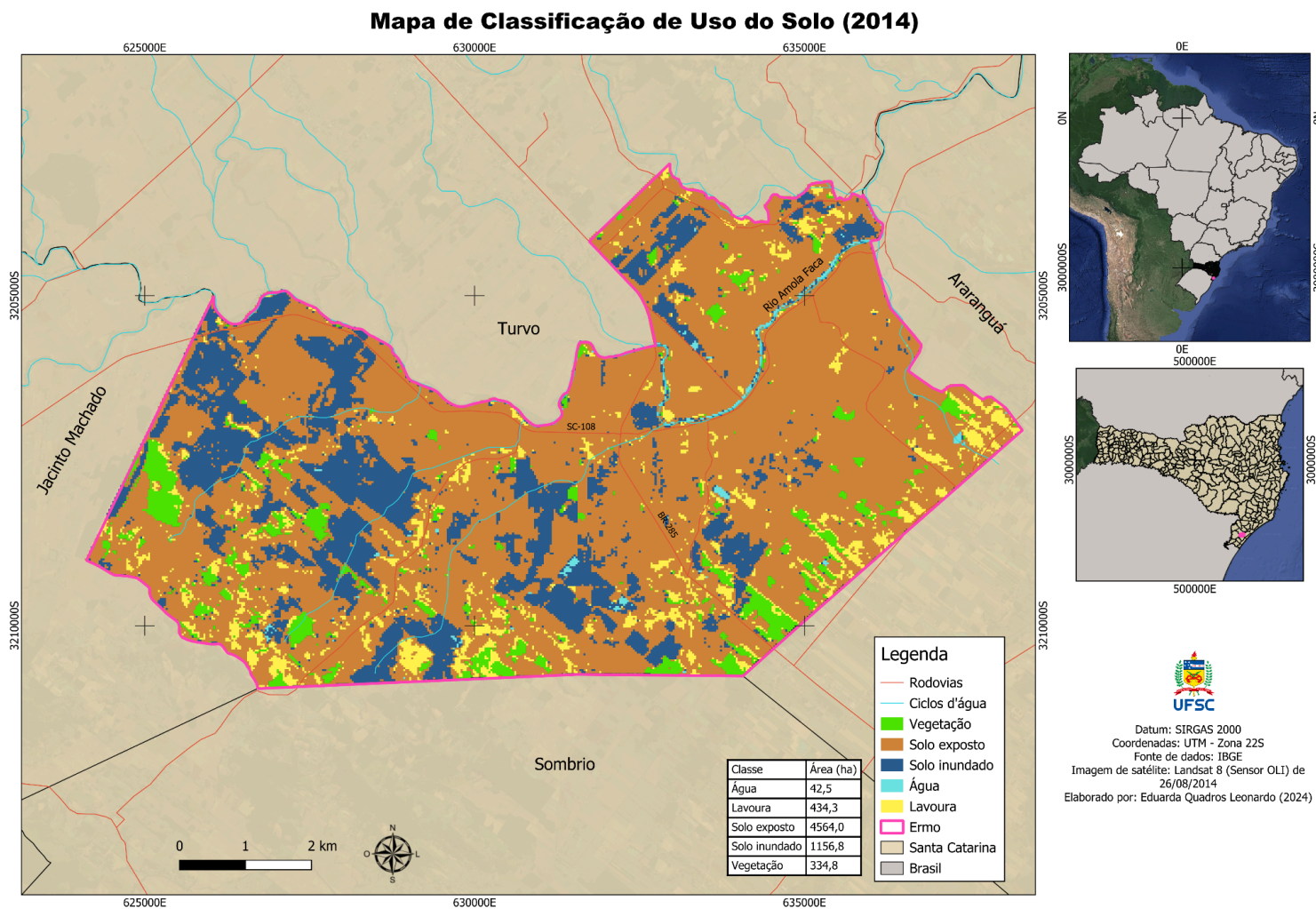
Figura 15 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2006.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A segunda classificação, datada para o ano de 2014, já apresenta algumas discrepâncias em relação aos resultados obtidos para o ano de 2006, embora a classe de solo exposto continue majoritária, abrangendo 4564 ha, segue-se agora com solo inundado com 1156,8 ha, lavoura com 434,3 ha, vegetação com 334,8 ha e água com 42,5 ha. O resultado da imagem temática do ano de 2014 está representada na figura 16.

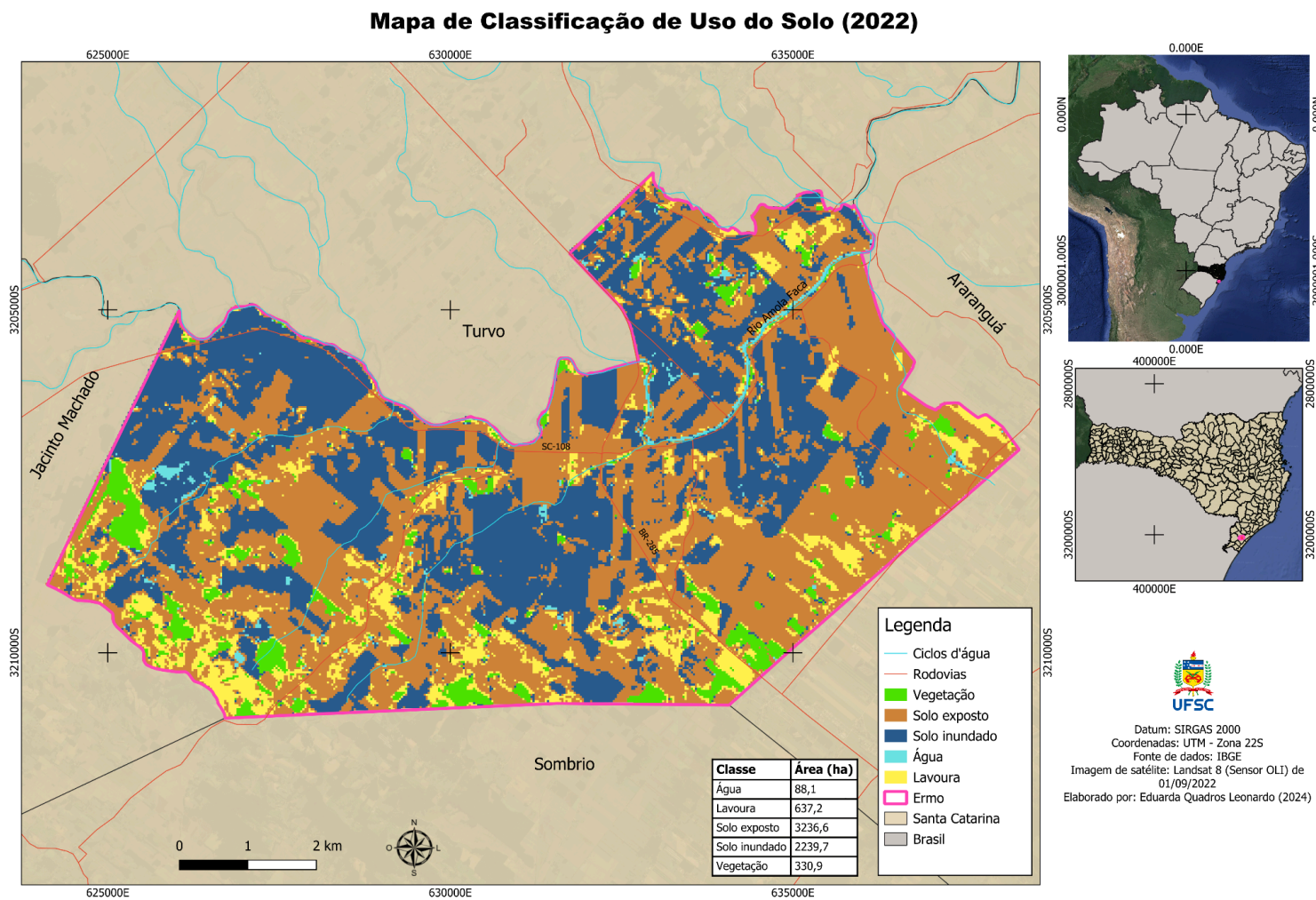
Figura 16 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2014.



Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a última classificação, para o ano de 2022, obteve distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo distintas em comparação às classificações de 2006 e 2014. Ainda preponderante a classe de solo exposto, com 3.236,6 ha, em seguida se tem o solo inundado com 2.239,7 ha, lavoura com 637,2 ha, vegetação com 330,9 ha e água com 88,1 ha. É possível observar a imagem temática resultante da classificação de 2022 na figura 17.

Figura 17 - Classificação de uso do solo no município de Ermo para o ano de 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos resultados obtidos para as diferentes classificações, notam-se algumas mudanças de uso do solo no município de Ermo com o passar do tempo, correspondente a um espaço temporal de 8 anos entre as datas das imagens selecionadas, para o ano de 2006, 2014 e 2022, totalizando uma análise temporal de 16 anos da primeira imagem para a última. Nesse período, ficou evidente as mudanças de uso do solo no município de Ermo - SC, com a diminuição da vegetação incluindo áreas de pastagens e o acréscimo de áreas agrícolas equivalentes às classes de solo exposto, solo inundado e lavoura, as quais representam uma expressiva porção do território ermense, sendo o valor total de extensão agrícola para o ano de 2006, de 5.949,1 ha, para o ano de 2014, 6.155,1 ha e para o ano de 2022, 6.113,5 ha. A tabela a seguir apresenta as estatísticas resultantes das fisionomias identificadas e a percentagem proporcional à área municipal.

Tabela 5 - Fisionomias identificadas.

Classes	2006 (ha)	2014 (ha)	2022 (ha)	Porcentagens		
				2006	2014	2022
Vegetação	481,8	334,8	330,9	7,38%	5,13%	5,07%
Solo exposto	3326,6	4564	3236,6	50,93%	69,87%	49,55%
Solo inundado	1029,1	1156,8	2239,7	15,75%	17,71%	34,29%
Água	101,6	42,5	88,1	1,56%	0,65%	1,35%
Lavoura	1593,4	434,3	637,2	24,39%	6,65%	9,76%
Total	6532	6532	6532	100%	100%	100%

Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, além dos dados acima, é essencial compreender a caracterização do ambiente de cultivo do arroz, visto que fatores externos podem influenciar diretamente na produção, como o clima (temperatura e precipitação). Conforme Pandolfo *et al.* (2022, p. 11) “nas condições do Sul do Brasil, a ocorrência de baixas temperaturas entre os meses de maio e setembro constitui fator limitante para a cultura do arroz irrigado”, sendo assim, no município de Ermo o início do

cultivo se dá nos meses de outubro a dezembro. Em vista disso, as imagens de satélite selecionadas, entre os meses de agosto e setembro e, por conseguinte, a classificação, demonstram de forma mais evidente a presença de solo exposto, isto é, o solo posterior a realização da colheita e antecedente ao início do novo ciclo de cultivos, espaço temporal também conhecido como pousio, definido por Cirne e Souza (2014, p. 79) como “técnica utilizada para preservar a terra que mantém uma área sem cultivo por certo período para restabelecer os nutrientes perdidos”.

Ademais, a precipitação pluviométrica também impacta diretamente na demanda por água presente na lavoura de arroz. Portanto, tem-se nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, maiores ocorrências de precipitações na região, coincidindo com as épocas de maior demanda hídrica da cultura (PANDOLFO *et al.*, 2022). Na tabela 6 estão dispostos os valores médios de temperatura média, máxima e mínima e de precipitação total para os meses de agosto a fevereiro, correspondentes à época de cultivo no Litoral Sul catarinense, conforme disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri).

Tabela 6 - Temperaturas mínima, média e máxima e precipitação total para o período de agosto a fevereiro (normais climatológicas).

Região	Temperatura (°C)			Precipitação total (mm)
	Mínima	Média	Máxima	
Litoral Sul	16,4	19,1	20,7	853,1

Fonte: Adaptado de Epagri (2022).

5.3 POSSÍVEIS CONFLITOS DE USO DE SOLO DECORRENTES DA PRODUÇÃO ORIZÍCOLA

Considera-se conflito de uso do solo quando a ocupação deste é incompatível com sua aptidão, ocasionando alterações que podem conduzir a impactos negativos sobre o ambiente (Grifo e Ferreira, 2017). Dessa forma, é fundamental que a legislação vigente institua formas que regulamentem as atividades antrópicas em relação a utilização do solo para fins agrícolas, objetivando viabilizar o monitoramento e a preservação deste recurso natural.

Dessa maneira, para análise dos possíveis conflitos de uso do solo no município de Ermo, utilizou-se primordialmente das disposições legais presentes na Lei 12.651/2012 que revogou o Código Florestal de 1965 (Lei 4.771/1965) visando instituir normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, de Reserva Legal e das Áreas de Preservação Permanente (APP), sendo estas últimas delimitadas nas áreas rurais e urbanas conforme o curso d'água, individualidades dos terrenos e suas vegetações nativas:

- De 30 (trinta) metros para os cursos d'água com menos de dez metros de largura;
- De 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água entre dez e cinquenta metros de largura;
- De 100 (cem) metros para os cursos d'água entre cinquenta e duzentos metros de largura;
- De 200 (duzentos) metros para os cursos d'água entre duzentos e seiscentos metros de largura;
- De 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água com largura superior a seiscentos metros.

Estas delimitações também estão presentes na Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989 que antecedeu a atualização do Código Florestal atual e que foi utilizada para o ano de 2006. Além disso, dentro da lei supracitada há um instrumento estabelecido pelo Decreto 7.830/12 e regulamentado pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 2, denominado Cadastro Ambiental Rural (CAR). O CAR é um registro público eletrônico nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com o desígnio de incorporar as informações ambientais das propriedades e posses rurais relacionadas às Áreas de Preservação Permanente (APP), de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e outras formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas, constituindo uma base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. Cabe salientar que o CAR é disponibilizado pelo Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), com a possibilidade de ser acessado e efetuado pela população (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014). Cabe ressaltar que só foi possível utilizar o CAR para os anos de 2014 e 2022, visto que é um instrumento estabelecido posteriormente ao ano de 2006.

Conforme a Lei 12.651/12, nas Áreas de Preservação Permanente, autoriza-se de forma exclusiva a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. Diante disso, determina-se para imóveis com área de até 1 módulo fiscal que possuam áreas consolidadas em APPs ao longo de cursos d'água naturais, a obrigatoriedade da recomposição das respectivas faixas marginais em 5 metros, a partir da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. Para imóveis com extensão superior a 1 módulo fiscal e até 2 módulos fiscais esse valor é de 8 metros. Já com área superior a 2 e até 4, serão 15 metros. Por fim, para área superior a 4 módulos fiscais o mínimo é de 20 e o máximo de 100 metros, contados da borda da calha do leito regular.

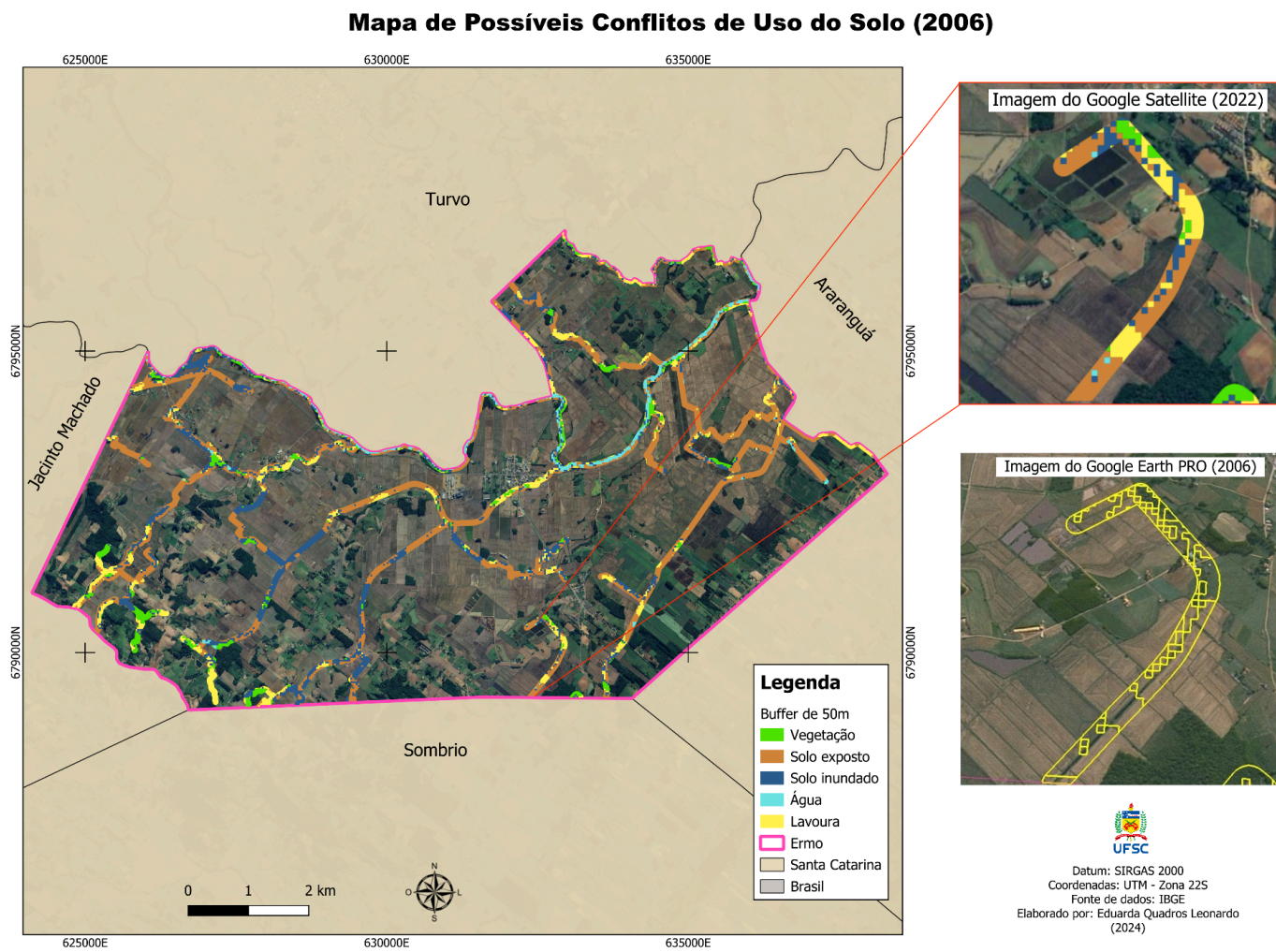
Nesse sentido, de acordo com o Código Florestal, realizou-se a criação de uma área de influência, utilizando a ferramenta *buffer*, que deu origem a APP de 50 m para os anos de 2006, 2014 e 2022. A partir disso, utilizou-se a ferramenta de intersecção e a camada da imagem classificada para sobrepor a APP resultante, de modo a visualizar as classes de possível conflito de uso dentro da APP, visto que nas extensões de 50 metros utilizados para gerar a área de influência, em consonância com a legislação vigente à época, as classes sobrepostas deveriam corresponder somente as classes de vegetação (classificadas na cor verde) e água (classificadas na cor azul claro), por serem uso permitido dentro de áreas de preservação permanente.

Sendo assim, o primeiro mapa gerado corresponde a área de influência de 50 metros (APP) para o ano de 2006 (Figura 18), data anterior a atualização do Código Florestal, à vista disso, apesar de apresentar classes conflitantes com área de preservação, o Novo Código Florestal isenta de punições os proprietários que realizaram o desmatamento de Áreas de Preservação Permanentes até a data de 22 de julho de 2008. Ademais, o mapa de 2006 deu suporte para constatar se a retirada da vegetação ocorreu anteriormente à referida data, ou posterior a criação da Lei nº 12.651 de 2012, corroborando para identificar o cumprimento da legislação, bem como a influência desta no decréscimo do desmatamento em APPs.

Além do mapa resultante, apresenta-se nos encartes individuais destaques para algumas áreas de possíveis conflitos identificados dentro das APPs, foi possível realizar a análise através do uso de imagem histórica do ano de 2006

disponibilizada no programa Google Earth Pro[©], no destaque se verifica a ausência total de vegetação ripária e a presença de lavoura orizícola acompanhando a área de influência do curso da drenagem.

Figura 18 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2006.

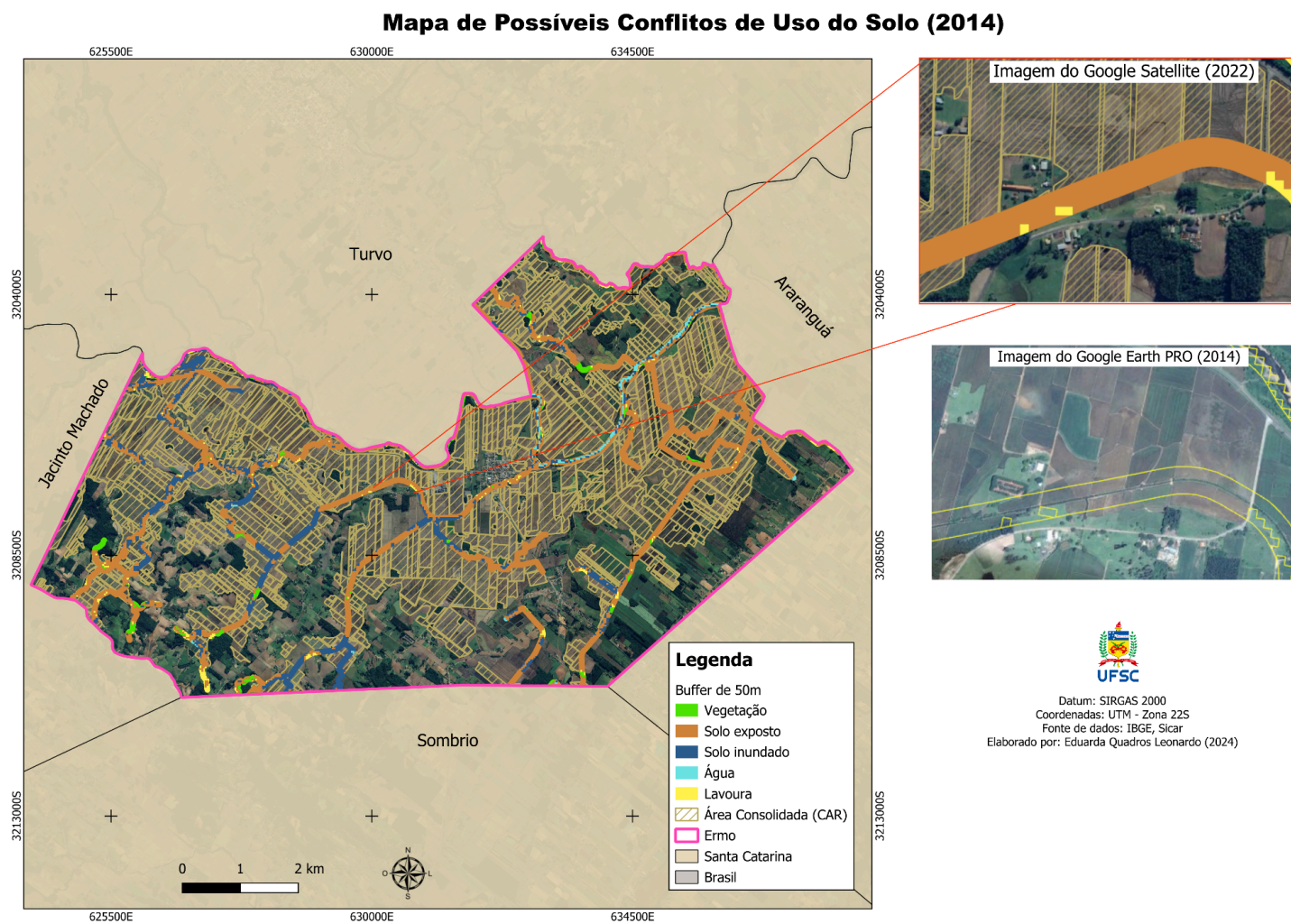


Fonte: Elaborado pela autora

Utilizou-se a mesma metodologia para os anos de 2014 e 2022, adequando-se a área de influência à atualização do Código Florestal, aplicou-se assim um *buffer* de 50 m para essas datas. Além disso, fez-se uso da camada de áreas consolidadas presentes no Sicar, a qual surgiu somente após o ano de 2012 com a criação do CAR (Decreto 7.830/12). Dessa forma, o segundo mapa (Figura 19) com o *buffer* resultante equivale às áreas de influência para o ano de 2014, assim, a partir das áreas consolidadas e do mapa de 2006, é possível verificar as classes conflitantes presentes nas APPs, evidenciando o descumprimento da legislação vigente em algumas áreas de preservação do município.

No mapa de 2014, evidencia-se também detalhes das classes inseridas em APPs para outra parte do município, visualizada por intermédio da imagem histórica do ano de 2014 disponibilizada no programa *Google Earth Pro*®, onde, semelhante a 2006, não há vegetação ripária e a cultura orizícola acompanha o curso da drenagem.

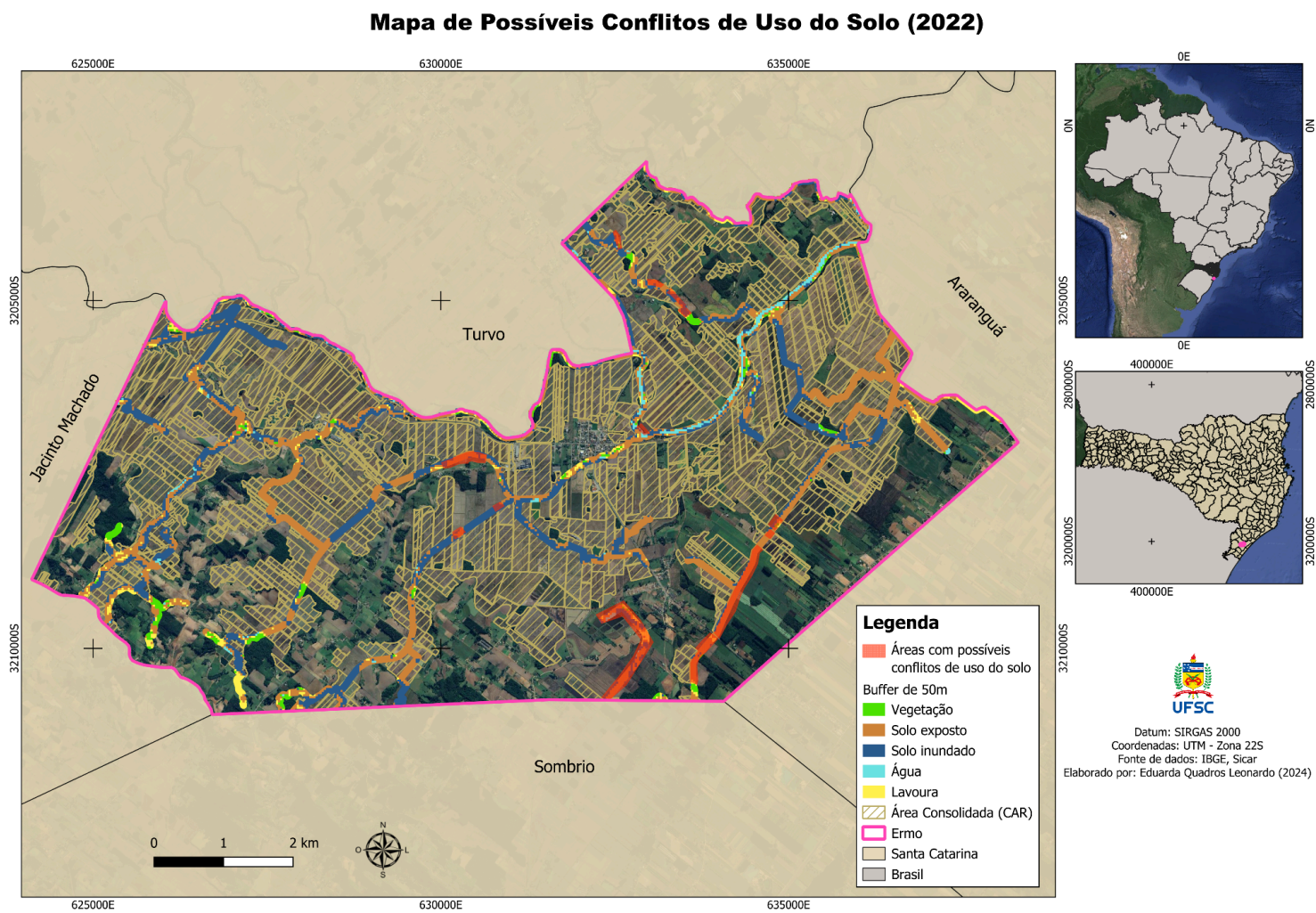
Figura 19 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2014.



Fonte: Elaborado pela autora.

No mapa de 2022, por intermédio do *Google Satellite (2022)*, bem como através da realização de uma nova saída de campo, foi possível destacar, a partir de polígonos, as classes de conflito de uso do solo em áreas de preservação. Percebe-se, portanto, que as áreas de conflito de uso identificadas em 2006, permanecem como áreas de lavoura em 2014 e 2022, configurando-se como um problema ambiental antigo e recorrente.

Figura 20 - Mapa de possíveis conflitos de uso do solo para o ano de 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nota-se, a partir dos resultados, que a classe Solo exposto, à qual corresponde às lavouras agrícolas em período de pousio, foi responsável pelas maiores áreas em conflito de uso de solo no município. Para Pinto e Rossete (2012), a presença de lavouras em APPs de cursos d'água são consideradas impactantes ao se tratar da conservação dos recursos hídricos, da flora e fauna associadas. Conforme os autores, essa atividade antrópica implica na retirada de toda a vegetação, modificando a permeabilidade do solo e promovendo a erosão.

Com o uso da ferramenta de sobreposição, os possíveis conflitos de uso de solo resultantes no município são demonstrados através de estatísticas da imagem classificada dentro das APPs. A tabela 7 apresenta o resultado em hectares das áreas de conflitos resultantes da classificação.

Tabela 7 - Área em hectares ocupada por cada classe dentro das APPs para os anos analisados.

Classes	Área da classe (ha)			Área na APP (ha)		
	2006	2014	2022	2006	2014	2022
1 - Vegetação	481,8	334,8	330,9	5,50	0,79	1,20
2 - Solo exposto	3326,6	4564	3236,6	168,48	375,14	190,05
3 - Solo inundado	1029,1	1156,8	2239,7	41,75	35,30	95,34
4 - Água	101,6	42,5	88,1	3,32	0,83	2,16
5 - Lavoura	1593,4	434,3	637,2	19,63	0,86	3,69
Total	6532	6532	6532	238,68	412,92	292,45

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta pesquisa, considerou-se como áreas de cultivo agrícola as classes correspondentes a: Solo exposto (solo em período de pousio), Solo inundado (solo coberto com uma lâmina d'água representando o início do plantio) e Lavoura (plantio já consolidado e, portanto, dispõe de cobertura vegetal). Diante disso, a partir do agrupamento destas classes e da soma de suas áreas, tem-se como possíveis conflitos de uso do solo nas APPs, os resultados constantes da tabela 8:

Tabela 8 - Área em hectares dos possíveis conflitos de uso do solo no município de Ermo - SC.

2006 (ha)	2014 (ha)	2022 (ha)
229,86	411,30	289,08

Fonte: Elaborado pela autora.

De tal modo, percebe-se que as áreas de possíveis conflitos sofreram um pequeno acréscimo entre 2006 e 2014 e um pequeno decréscimo em 2022. A diferença de área pode estar relacionada ao mês de aquisição dos dados do sensor, assim como uma possível recuperação da vegetação ripária em algumas áreas das APPs.

Objetivando a validação dos resultados obtidos na análise de sobreposição, buscou-se dados de levantamentos de uso e cobertura do solo disponibilizados pelo Map Biomas (2022), com acesso a dados estatísticos de classificação com visualização por classes natural e antrópica, resultando em 6.189 ha (94,75%) da área do município de uso antrópico e somente 332 ha (5,09%) na classe natural, com a classe de agropecuária resultando para o ano de 2022 em 6.148 ha (94,12%) do município de Ermo - SC, para a classe florestas correspondente a 251 ha (3,85%), corpo d'água de 80 ha (1,23%) e áreas não vegetadas de 51 ha (0,79%).

Aplicando-se a área de influência nos dados resultantes da Coleção 8 do MapBiomas, resultando da classificação de imagem com 10 metros de resolução espacial, obteve-se detalhes para o recorte territorial municipal resultando nos seguintes uso e cobertura do solo (Tabela 9):

Tabela 9 - Validação das áreas de possíveis conflitos de uso do solo.

Classes	Áreas Map Biomas dentro da APP (ha)
	2022
1 - Arroz	376,42
2 - Pastagens	7,94
3 - Formação Florestal	11,71
4 - Lavoura Temporária	51,34
5 - Silvicultura	6,22
6 - Restinga arborizada	10,92
7 - Corpos d'água	30,39
8 - Área urbana	0,28

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2022)

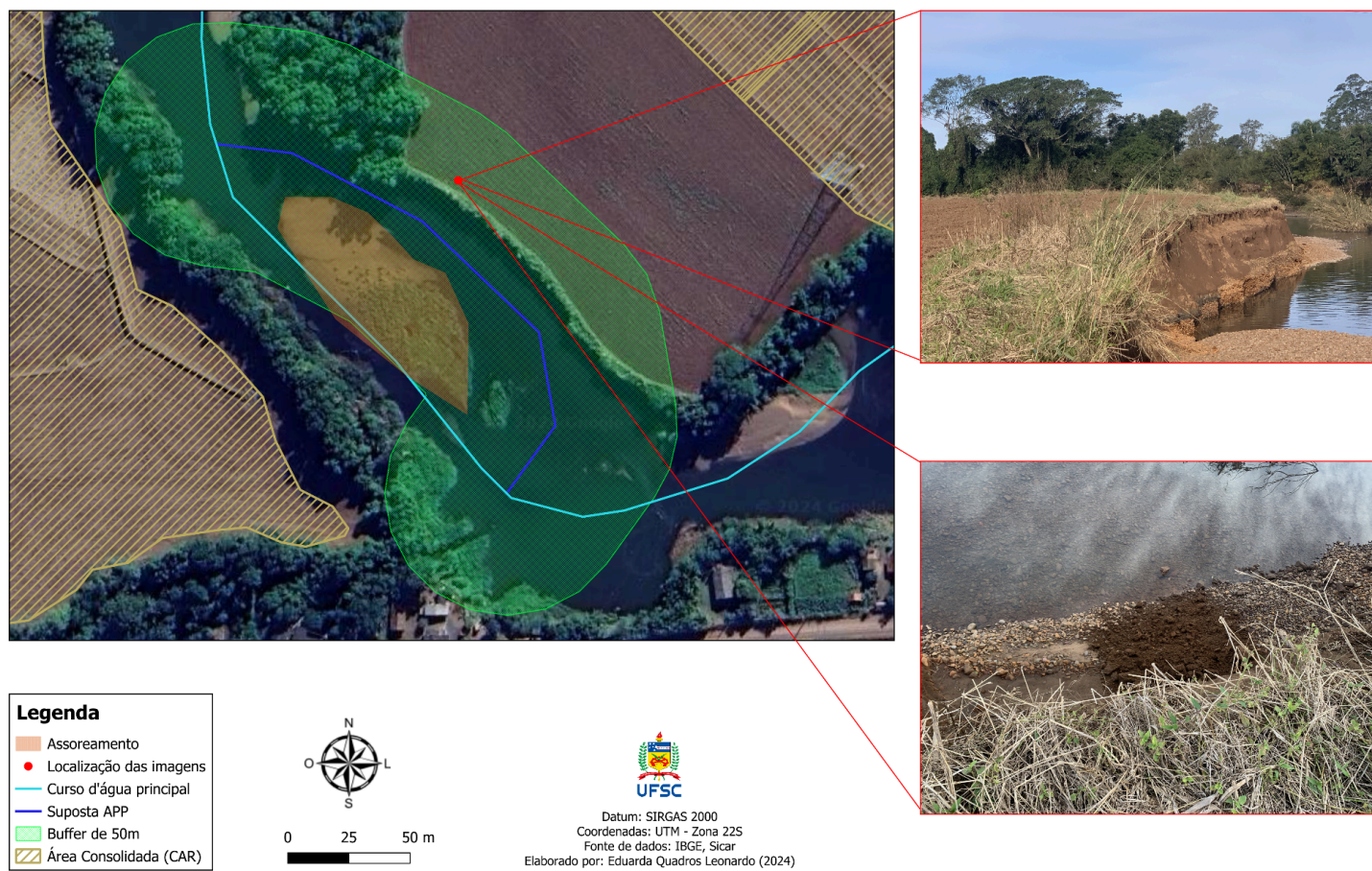
A partir do mapa de 2022, realizou-se uma segunda saída de campo para verificar um ponto específico e acessível (28° 58' 57.321" S, 49° 38' 9.577" O) dentro da APP, que configurou conflito na classificação supervisionada. Nesta, verificou-se a existência de áreas sem vegetação ripária próximas da lavoura orizícola em relação ao rio Amola Faca, pertencente à bacia do rio Araranguá, principal curso d'água do município.

A área da lavoura não está cadastrada no CAR e se localiza próxima ao curso d'água, logo, evidencia-se a supressão vegetal desta área para uso como área produtiva e não como área de preservação, configurando em um significativo impacto ambiental e, ocupando a classe florestas uma pequena área do município, cerca de 251 ha (3,85%) segundo o MapBiomas, considera-se preocupante a situação observada em campo com a ocorrência de processos erosivos nas margens do rio, onde o solo está cedendo, desencadeando depósitos de sedimentos e consequente assoreamento⁴ do rio.

⁴ O assoreamento é resultado de uma acumulação gradual de sedimentos em leitos de rios e lagos, causador de diversos possíveis danos ambientais e da diminuição da vida útil de reservatórios (Carvalho *et al.*, 2018).

Nesse ponto específico, utilizou-se o Código Florestal que delimita cinquenta metros para os cursos d'água entre dez e cinquenta metros de largura, e partindo da largura do trecho do rio Amola Faca nesse ponto, sendo esta de 50 metros, criou-se um buffer de 50 metros nessa área de modo a demonstrar a existência, em detalhe, de um conflito de uso do solo e a necessidade da presença de uma APP, visando mitigar o assoreamento do rio e corroborar para a continuidade da prática orizícola nesta área de maneira sustentável (Figura 21).

Figura 21 - Mapa com a sugestão da criação de uma APP no município.



Fonte: Elaborado pela autora.

O assoreamento dos rios resulta em diversos impactos ambientais, visto que este reduz o volume de água tão necessário para o cultivo do arroz pré-germinado, podendo resultar em rios e lagos que podem desaparecer sem a proteção adequada dos cursos d'água, pois as matas ciliares possuem papel fundamental como filtro para mitigar a deposição de sedimentos nos cursos d'água. Ao remover a vegetação de forma inapropriada, tem-se a falta de proteção natural dos rios e lagos e, por conseguinte, torna-os suscetíveis aos processos de assoreamento. Nesse sentido, constata-se a importância da preservação e recomposição das matas ciliares (Castro *et al.*, 2013).

Sendo assim, ao comparar a área presente no mapa com as demais regiões das quais há a existência de APPs, verifica-se que a ausência de conflitos de uso do solo se apresenta como um indicador da importância ambiental das matas ciliares para manter um ecossistema equilibrado.

6 CONCLUSÃO

Ao fim deste trabalho foi possível compreender a importância da aplicação do sensoriamento remoto como subsídio para análise da dinâmica espaço-temporal em relação ao uso do solo no município de Ermo - SC. O panorama multitemporal dos mapeamentos possibilitou a interpretação dos possíveis conflitos de uso do solo sucedidos na região após a expansão da cultura orizícola e da atualização das leis de proteção das áreas de preservação, nos períodos de 2006, 2014 e 2022. Conclui-se e se observa a utilização eficaz das ferramentas de processamento e classificação das imagens para mapear o desenvolvimento da agricultura e o comportamento da vegetação ao longo do tempo, detectando as mudanças ocasionadas na paisagem, principalmente por intermédio da ação antrópica no que tange às atividades agrícolas próximas a cursos d'água.

A análise temporal constatou a presença de conflitos de uso do solo antigos e recorrentes no município, embora exista uma legislação nacional consolidada há anos em relação às Áreas de Preservação Permanente. Entende-se, portanto, que a ausência de fiscalização e monitoramento dos órgãos responsáveis pelo cumprimento da legislação ambiental, bem como a falta de informações e assistência técnica adequada aos agricultores através de uma educação ambiental eficiente, constituem fatores que enfraquecem a proteção da vegetação nativa e que corroboram para a isenção da punição em relação aos infratores (Gasparini *et al.*, 2013).

Nesse sentido, verifica-se a necessidade do fortalecimento das políticas públicas de preservação e fiscalização ambiental municipal, com auxílio de fiscalização estadual e suporte aos produtores e agentes municipais responsáveis pela fiscalização e assistência técnica do município de Ermo, visando a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade da prática agrícola.

A manutenção das APPs e a implementação de um monitoramento rígido dessas áreas exercem um papel de fundamental importância para a mitigação dos impactos ambientais, reduzindo, como visto na pesquisa, a erosão do solo e o assoreamento dos rios, possibilitando o uso sustentável das áreas agrícolas.

Cabe salientar que a denominação “Ermo” é oriunda dos imigrantes que consideravam o local como de difícil acesso em razão das matas e várzeas alagadas, entretanto, as imagens de satélite e especialmente a classificação destas, indicaram como porcentagem de vegetação somente 7,37% para o ano de 2006, 5,13% para 2014 e, de forma mais recente, 5,06% para o ano de 2022. Desse modo, é importante pensar em como a ocupação desse território modificou completamente o espaço, tornando-o um município de base agrícola e com extensas áreas de produção orizícola, substituindo a cobertura vegetal nativa da Mata Atlântica por áreas de lavouras temporárias.

Por fim, consideram-se atingidos os objetivos que nortearam a pesquisa, de modo que foi possível visualizar o mapeamento das áreas de produção no município, constituído principalmente por dados divulgados pelo IBGE; a amostragem de áreas orizícolas e demais usos do solo a partir da chave de interpretação desenvolvida; a demonstração das principais classes no período de 2006, 2014 a 2022, por intermédio de dados estatísticos e imagens de satélite, sendo estas: Vegetação, Solo exposto, Solo inundado, Água e Lavoura; e a identificação dos conflitos de uso do solo decorrentes da produção orizícola, analisados a partir da legislação brasileira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Nadjacleia Vilar *et al.* A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá – nordeste do Brasil/Paraíba. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 3, n. 4, p. 365-378, nov. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1953>. Acesso em: 01 jan. 2024.

ANA. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 29 maio 2024

BERNARDES, Tiago. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp092246.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

BEZERRA, Marcus V. C. *et al.* Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 709-717, maio 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SyNTdBXbP4Y634Vt9xb5Q5Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 maio 2024.

BORATTO, Isa Maria de Paula; GOMIDE, Reinaldo Lúcio. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. *In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR*, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR** [...]. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. v. 16, p. 7345-7352, Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956305/1/Aplicacaoindices.pdf>. Acesso em: 14 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989**. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Brasília: Presidente da República 18 jul. 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7803.htm#art4. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasília: Presidente da República, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 14 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Presidente

da República, 2006. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm: 20 jun. 2024.

CARVALHO, Ana Letícia Lima de; PAIVA, Luiz Evaristo Dias de; SOUZA, Vinícius Martins de. Estimativa do processo de assoreamento do Lago dos Manacás, município de Juiz de Fora/MG. *In*: III SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 3., 2018, Juiz de Fora. **III SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul** [...]. Juiz de Fora: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018. v. 3, p. 1-10, Disponível em:
<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/76/C1001.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

CASTRO, Martha Nascimento *et al.* A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, Goiânia, v. 4, n. 4, p. 230-241, ago. 2013. Disponível em:
<https://sipe.uniaraaguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/172/156>. Acesso em: 18 jun. 2024.

CASTRO, Paula Drummond de. Novas moléculas ajudam a entender o papel das proteínas da planta de arroz. **Jornal da Unicamp**, Campinas, 19 dez. 2022. Disponível em:
<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/12/19/novas-moleculas-ajudam-entender-o-papel-das-proteinas-da-planta-de-arroz>. 21 abr. 2024.

CHEN, Sherry Chou. **Precisão de classificação de mapas de distribuição de culturas, obtidos a partir de imagens LANDSAT**. São José dos Campos: INPE, 1980. 7p. Disponível em:
<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.18.21.40/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

CIRNE, Mariana Barbosa; SOUZA, Ana Gloria Santos Moreira de. Pousio: o que é e quais são os seus possíveis reflexos nas questões ambientais. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 11, n. 21, p.75-106, 2014. Semestral. Disponível em:
<https://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/pousio.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

COHEN, Jacob. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational And Psychological Measurement**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 37-46, abr. 1960. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000104>.

CONAFER. **Preço do arroz só não é maior por causa da agricultura familiar**. 2020. Disponível em:
<https://conifer.org.br/preco-do-arroz-so-nao-e-maior-por-cao-da-agricultura-familia/r/>. Acesso em: 11 jan. 2024

COSTA, Adauto Pereira; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra. Método de classificação não supervisionada por empilhamento no espaço de atributos. *In*: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais** [...]. Natal: Inpe, 2009. v. 1, p. 6845-6852. Disponível em:

<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.00.18/doc/6845-6852.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

COSTA, Sidney Anderson Teixeira da *et al.* Extensão rural para conservação do solo na agricultura familiar. **Extensão em Foco**, Curitiba, v. 1, n. 20, p. 18-30, 18 mar. 2020. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/ef.v0i20.64079>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/extensao/article/view/64079/pdf>. Acesso em: 25 maio 2024.

COUTO, Renato do *et al.* Conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Inconfidentes, v. 11, n. 7, p. 2244-2259, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236867/31287>. Acesso em: 3 jun. 2023.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 4. ed. Campinas: Unicamp, 1992. 170 p.

EMBRAPA. **Módulos Fiscais**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ENGESAT. **Landsat 4 e 5 TM**. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>. Acesso em: 21 maio 2024.

ENGESAT. **Landsat 8**. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>. Acesso em: 21 maio 2024.

ESRI. **Band Combinations for Landsat 8**. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/>. Acesso em: 29 maio 2024.

FAO. **Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta**: FAO pede reversão da degradação do solo. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1472352/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

FAO. **THE INTERNATIONAL YEAR OF RICE (2004)**. 2004. Disponível em: <https://www.fao.org/4/J1225e/J1225e00.htm>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FIGUEIREDO, Geíza Coutinho; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. *In*: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [...]. Florianópolis: INPE, 2007. v. 13, p. 5755-5762, Disponível em: <http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.17.35/doc/5755-5762.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Fonseca, Leila Maria Garcia. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105 p.

GARCIA, Alexander Patricio *et al.* Perfil do Orizicultor do Extremo Sul Catarinense. **Repositório UFPEL**, Pelotas, v.1, n. 18, p. 387-414, dez./2012. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/gem/files/2017/10/capitulo_18_-_p_387_414.pdf. Acesso em 8 maio 2023.

GASPARINI, Kaio Allan Cruz *et al.* Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 3, n. 20, p. 296-306, jan. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/YQfrrhywVT3wHG6Nc64yxyb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2024.

GUERRA, Rafael Angel Torquemada *et al.* (org.). **Ciências Biológicas**. João Pessoa: Ufpb Virtual, 2011. 69 p. Disponível em: http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_1/3-Fundamentos_em_Geologia.pdf. Acesso em: 01 mar. 2024.

GRIFO, Anabela R.; FERREIRA, Albertina. Conflitos de uso do solo – identificação na “Quinta do Quinto”. **Revista de Ciências Agrárias**, Santarém, v. 40, n. 1, p. 3-11, jan. 2017. Disponível em: <https://scielo.pt/pdf/rca/v40nspe/v40nspea01.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

HENDGES, Antonio Silvio. **As Áreas de Preservação Permanentes – APP no Código Florestal – Lei 12.651/2012, artigo de Antonio Silvio Hendges**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2014/05/05/as-areas-de-preservacao-permanentes-ap-p-no-codigo-florestal-lei-12-6512012-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

IBGE. **Brasileiros com menor renda consomem mais arroz e feijão e menos industrializados**. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28648-brasileiros-com-menor-renda-consomem-mais-arroz-e-feijao-e-menos-industrializados>. Acesso em: 23 jan. 2024.

IBGE. **Censo Agro 2017: população ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8>. Acesso em: 14 fev. 2024.

IBGE. **IBGE Cidades**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/ermo/panorama>. Acesso em: 03 fev. 2024.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 5). Acesso em: 20 mar. 2024

IBGE. **SIDRA - Banco de Tabelas Estatísticas**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>. Acesso em: 25 jun. 2023.

INCRA. **Consultar Índices Básicos**. Disponível em: <https://pro-pgt-incra.estaleiro.serpro.gov.br/pgt/indices-basicos>. Acesso em: 22 fev. 2024.

JULIANO, Bienvenido. **RICE in human nutrition**. 26. ed. Rome: Irri, 1993. 166 p.

LAMAS, Fernando Mendes. **A Evolução da Agricultura no Brasil**. 2023. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81665485/artigo---a-evolucao-da-agricultura-do-brasil#:~:text=A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20agricultura%20garantiu,%2C6%25%20das%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20brasileira>. Acesso em: 08 jan. 2024.

SAIRAIVA, Leandro P. et al. Caracterização temporal do município de Campinas usando NDVI, NDBI e temperatura da superfície. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. **Anais [...]**. Jaguariúna: Embrapa, 2012. v. 179, p. 1-10. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/933302>. Acesso em: 15 jul. 2024.

LILLESAND, Thomas M. *et al.* **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. Wiley: John Wiley & Sons, 2015. 770 p. Disponível em: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-remote-sensing-and-image-interpretation.pdf>. Acesso em: 8 maio 2024.

LIMA, Antônia Francisca *et al.* Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Retratos de Assentamentos**, Piauí, v. 22, n. 1, p. 50-68, jan. 2019. Disponível em: <https://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/332/294https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/socioeconomia/importancia-economica-e-social#:~:text=O%20arroz%20%C3%A9%20plantedoem,e%20o%20de%20terras%20altas..> Acesso em: 10 jan. 2024.

LIMA, Valmiqui Costa, LIMA, Marcelo Ricardo de. Formação do solo. In: LIMA, Valmiqui Costa *et al.* (ed.). **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. Cap. 1. p. 1-10. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/67899>. Acesso em: 12 jan. 2024.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias – Coleção [versão] da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. Disponível em: [https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=70&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2022&mapPosition=-28.984270%2C-49.653026%2C13&timelineLimitsRange=1985%2C2022&baseParams\[territoryType\]=4&baseParams\[territory\]=4429&baseParams\[territories\]=4429%3B4205191%20-%20Ermo%20%28SC%29%3B4%3BMunic%C3%ADpio%3B-29.0204909559999%3B-49.7257134349999%3B-28.9480362](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap=9&layersOpacity=70&activeModule=coverage&activeModuleContent=coverage%3Acoverage_main&activeYear=2022&mapPosition=-28.984270%2C-49.653026%2C13&timelineLimitsRange=1985%2C2022&baseParams[territoryType]=4&baseParams[territory]=4429&baseParams[territories]=4429%3B4205191%20-%20Ermo%20%28SC%29%3B4%3BMunic%C3%ADpio%3B-29.0204909559999%3B-49.7257134349999%3B-28.9480362)

Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2022. 132p. (Epagri. Sistemas de Produção, 56). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/SP/article/view/1587>. Acesso em: 12 maio 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **FAO alerta sobre degradação de um terço dos solos do planeta.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/12/1773222#:~:text=A%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Na%C3%A7%C3%B5es%20Unidas,Sistemas%20em%20ponto%20de%20ruptura..> Acesso em: 12 jan. 2024.

PANDOLFO, Cristina *et al.* Caracterização do ambiente de cultivo. In: VALE, Marcos Lima Campos do; HICKEL, Eduardo Rodrigues. (Orgs.). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2022. 132p. (Epagri. Sistemas de Produção, 56). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/SP/article/view/1587>. Acesso em: 12 maio 2023.

PANIZZA, Andrea de Castro; FONSECA, Fernanda Padovesi. Técnicas de interpretação visual de imagens. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 30, n. 30, p. 30-43, jan. 2011. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geosp/article/view/74230/77873>. Acesso em: 05 jun. 2024.

PERROCA, Marcia Galan; GAIDZINSKI, Raquel Rapone. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa. **Rev. Esc. Enferm. USP**, 2003; 37 (1): 72-80. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/GjLgqxS67C4w3zzJsXxZTcw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 03 jun. 2024.

PINTO, Carlos Eduardo Toniazzo; ROSSETE, Amintas Nazareth. Mapeamento dos conflitos no uso da terra em áreas de preservação permanente na microbracia hidrográfica do córrego Capitão Décio, Nova Xavantina – MT. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 139-155, jan. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547684007.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

PRINA, Bruno Zucuni; TRENTIN, Romario. GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR** [...]. João Pessoa: INPE, 2015. v. 1, p. 131-139, Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0031.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2024.

QUEIROZ José Eustáquio Rangel de; GOMES Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista Rita**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 1-31, jan. 2001. Disponível em: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2016.2/Rita-Tutorial-PDI.pdf>. Acesso em: 16 maio 2023.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, **Proceedings**, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973. Disponível em:

<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SANTA CATARINA. **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Araranguá**: Santa Catarina – Brasil. Florianópolis: Cidade Futura. 2010. 64 p.

SANTOS, Adeisany Stephany Ramos Machado dos, et al. Métodos de classificação supervisionada aplicados no uso e ocupação do solo no município de Presidente Médici – RO. **Biodiversidade**, Cuiabá, v. 18, n. 1, p. 150-159, dez. 2019. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/8242>. Acesso em: 12 maio 2023.

SANTOS, Alberto Baêta dos *et al* (ed.). **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1002 p.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 Brasília: EMBRAPA, 2018, 356 p.

SARMIENTO, Guillermo; MONASTERIO, Maximina. **Ecología de las sabanas de America tropical**: análisis macroecológico de los Llanos de Calabozo. Merida [Venezuela]: Universidad de los Andes, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales - IGCRN, 1971. 126 p. Disponível em:

https://www.ciencias.ula.ve/icae/publicaciones/sabanas/pdf/sarmiento_g1971b.pdf. Acesso em: 21 fev. 2024.

SERRA, Letícia Silva *et al*. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, Goiás, v. 1, n. 4, p. 2-24, jul. 2016. Disponível em:

https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/6461/material/revolu%C3%A7%C3%A3o_verde_e_agrot%C3%B3xicos_-_marcela_ruy_f%C3%A9lix.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

SICAR. **Base de downloads**. Disponível em:

<https://www.car.gov.br/publico/estados/downloads>. Acesso em: 26 abr. 2024.

SILVA, Bernardo Barbosa da *et al*. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo - PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 145-152, set. 2011. Disponível em:

<https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2282/4764>. Acesso em: 05 jun. 2024.

SILVA, Fernanda Veren da; FERREIRA, Rute Henrique da Silva. Classificação supervisionada por máxima verossimilhança gaussiana como ferramenta para monitoramento de áreas de vegetação em regiões metropolitanas. **Cippus**, Canoas, v. 7, n. 2, p. 147-157, dez. 2019. Disponível em:

<https://svr-net20.unilasalle.edu.br/handle/11690/1691>. Acesso em: 08 maio 2024.

SIMON, Loia da Silva *et al*. **Tão pequeno, tão grande**: ermo não cabe num livro só!. Ermo: Formsul, 2011. 146 p.

SOUZA, Laercio Duarte; SOUZA, Luciano da Silva. Benefícios das coberturas vegetais para melhorar a sustentabilidade do mamoeiro. *In*: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade: anais** [...]. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. v. 1, p. 1-10, Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50650/1/Beneficios-coberturas-P4-3-Laercio.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2024.

USGS. **USGS EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05 ago. 2023.

VAEZA, Rafael Franco *et al.* Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 1, n. 17, p. 23-29, jan. 2010. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/30229/1/UsoOcupa%c3%a7%c3%a3oSolo_Maia_2010.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.