

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SÃO BORJA
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO AMBIENTAL**

INGRID DOS SANTOS BETTIM

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE
MULTITEMPORAL DA REBIO SÃO DONATO (RS)**

**SÃO BORJA
2021**

INGRID DOS SANTOS BETTIM

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE
MULTITEMPORAL DA REBIO SÃO DONATO (RS)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS como requisito para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo Fernandez Caresani

SÃO BORJA

2021

INGRID DOS SANTOS BETTIM

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE
MULTITEMPORAL DA REBIO SÃO DONATO (RS)**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
obtenção do título de Bacharel em Gestão
Ambiental na Universidade do Rio Grande
do Sul.

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo
Fernandez Caresani

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo Fernandez Caresani
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Eng. Florestal Dra. Adriana Falcão Dutra

Geógrafo Mauricio de Freitas Scherer
Gestor do Parque do Espinilho e Rebio São Donato - SEMA

Dedico este trabalho aos meus pais Fabian e Claudia que sempre apoiaram minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me iluminado, por ter me dado forças para superar todos os desafios e saúde em meio a um ano atípico e turbulento.

Agradeço aos meus pais Fabian e Claudia, que me deram apoio e incentivo durante todos esses anos e não mediram esforços para que pudesse chegar até aqui.

Agradeço em especial ao meu Orientador Prof. Dr. José Rodrigo Fernandez Caresani, pela constante ajuda, orientação e por toda paciência que sempre teve comigo.

Agradeço aos Professores por todo o conhecimento compartilhado durante todos esses anos.

Agradeço à universidade, a direção e a administração por todo o suporte necessário.

Agradeço as minhas avós Antônia e Neli que sempre acreditaram em mim e me acolheram nos dias mais difíceis dessa jornada.

Agradeço as minhas irmãs, aos meus amigos e colegas, que me distraíram e não me deixaram em momento algum desanimar.

Agradeço aos meus tios e tias pelo incentivo, conhecimentos e conselhos dados a mim.

RESUMO

A Rebio São Donato é uma reserva criada com o intuito de preservar o banhado que constitui a reserva. Trata-se de uma área localizada em uma região de produção orizícola, de pecuária e belezas naturais. Existem lavouras dentro e no entorno da reserva, possui matas ciliares e um ecossistema que depende muito da existência de água. O presente trabalho usou ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para identificar as mudanças mais contundentes na reserva e seu entorno. Foram usadas cartas da década de 70, imagens multiespectrais do Landsat 5 (década de 80 e 90) e Landsat 8 (2017-2018) além de algumas fontes auxiliares. Através do processamento das imagens que inclui o uso de índices de vegetação (NDVI) e uso de componentes principais (PCA), uso de classificador não supervisionado (Isoseg) e retificações manuais (edição matricial), foi possível identificar e mapear as principais mudanças que ocorreram no banhado nas últimas 5 décadas. Das 3651 ha mapeadas como banhado a partir da carta (década de 70) 2516 ha (ou 2931 ha se usarmos o mapeamento do Landsat 8) foram classificadas como conservada dentro do retângulo de estudo, 1135 ha foram classificadas como banhado perdido. Ou seja, aproximadamente 31% do banhado já foi fortemente alterado por ações antrópicas, isso inclui todo o banhado, não apenas a área delimitada pela reserva, de certa forma, o banhado tem sido recuado aos limites da reserva. Mas talvez o mais preocupante seja a análise de existência de lâmina de água, identificável nas imagens multiespectrais da década de 80 e 90, porém ausente nas imagens analisadas de 2017-2018 (período de precipitações razoável). Recomenda-se estudos complementares para realizar um diagnóstico mais amplo e profundo.

Palavras-chave: Unidades de Conservação, Landsat, banhado.

ABSTRACT

Rebio São Donato is a reserve created with the aim of preserving the wetland that constitutes the reserve. It is an area located in a region of rice production, livestock and natural beauty. There are crops in and around the reserve, it has riparian forests and an ecosystem that depends a lot on the existence of water. The present work used remote sensing and geoprocessing tools to identify the most striking changes in the reserve and its surroundings. Letters from the 70s, multispectral images of Landsat 5 (80s and 90s) and Landsat 8 (2017-2018) were used, as well as some auxiliary sources. Through image processing, which includes the use of vegetation indexes (NDVI) and the use of main components (PCA), the use of unsupervised classifiers (Isoseg) and manual rectifications (matrix edition), it was possible to identify and map the main changes that occurred in the wetlands in the last 5 decades. Of the 3651 ha mapped as plated from the chart (70s) 2516 ha (or 2931 ha if we use Landsat 8 mapping) were classified as conserved within the study rectangle, 1135 ha were classified as lost plating. In other words, approximately 31% of the wetland has already been strongly altered by anthropic actions, this includes the entire wetland, not just the area bounded by the reserve, in a way, the wetland has been pushed back to the reserve limits. But perhaps the most worrisome is the analysis of the existence of a water slide, identifiable in the multispectral images of the 80s and 90s but absent in the images analyzed from 2017-2018 (reasonable rainfall period). Complementary studies are recommended to make a broader and deeper diagnosis.

Keywords: Conservation Units, Landsat, wetland.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Limite da Unidade de Conservação da Reserva São Donato e área mapeada neste estudo.....	11
Figura 2 - Composição Banda 3 (Blue), Banda 4 (Red) e Banda 5 (Green) das imagens Landsat 5 (sensor TM) das imagens analisadas de 1984/85.	12
Figura 3 - Composição Banda 3 (Blue), Banda 4 (Red) e Banda 5 (Green) das imagens Landsat 5 (sensor TM) das imagens analisadas de 1996/97.	13
Figura 4 - Composição Banda 4 (Blue), Banda 6 (Red) e Banda 7 (Green) das imagens Landsat 8 (sensor OLI) das imagens analisadas de 2017/18.	14
Figura 5 - Carta importada no SIG que posteriormente foi digitalizada (década de 70) da área de estudo.	15
Figura 6 - Limite da Reserva São Donato sobreposto ao mapeamento realizado a partir da Carta (década de 1970).....	18
Figura 7 - Imagens NDVI obtida através do uso das Bandas 4 e 6 do landsat 8. a) 2/11/2017; b) 5/01/2018; c) 10/03/2018 e d) Combinação dos NDVI's mencionados.	19
Figura 8 - Composição colorida obtida através das componentes principais das Bandas 4,5,6 e 7 do Landsat 8. PC3 de 02/11/2017 e PC4 de 05/01/2018 e 10/02/2018.	20
Figura 9 - Resultado da classificação não supervisionada (Isoseg) da área de estudo.	211
Figura 10 - Resultados obtidos da safra de 2017/2018.....	222
Figura 11 - Comparação do mapeamento da mata obtida da carta (década de 70) e atual.	244
Figura 12 - Comparação de uma região da área de estudo contendo mata ciliar. ...	244
Figura 13 - Mapa temático contendo informações da carta (década de 70) e classificação usando o landsat 8 (2017/18).....	266
Figura 14 - Comparativo de imagens Landsat 5 (1984) e Landsat 8 (2017).	266
Figura 15 - Área recortada (componentes) da região classificada como conservada de banhado São Donato.	288

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5.	7
Tabela 2 - Características do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8.....	8
Tabela 3 - Resultado do mapeamento das imagens Landsat 8 (safra 2017/18).	233
Tabela 4 - Precipitações acumuladas nos meses associados as imagens Landsat 8 usadas no mapeamento de 2017/2018 comparada à média histórica.	277

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
HRC - High Resolution Camera
IBAMA – Instituto Nacional do Meio Ambiente
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRGA - Instituto Riograndense do Arroz
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
OLI - Operational Land Imager
PC – Componentes Principais
PCA – Principal Component Analysis
REBIO - Reserva Biológica
SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TM – Thematic Mapper
UC - Unidades de Conservação
USGS - United States Geological Survey

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 DESENVOLVIMENTO	3
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1.1 Unidades de Conservação.....	3
2.1.2 Conceito jurídico e biológico de reserva biológica.....	4
2.1.3 Lei de criação da Rebio São Donato.....	4
2.1.4 Sensoriamento remoto e programa Landsat	5
2.1.5 Índice de vegetação normalizada (NDVI).....	8
2.1.6 Componentes principais ou PCA (Principal Component Analysis).....	9
2.1.7 Classificação de Imagens.....	9
2.1.8 Classificação não supervisionada	9
2.2 OBJETIVOS	10
2.2.1 Objetivo geral	10
2.2.2 Objetivos específicos.....	10
2.3 METODOLOGIA.....	10
2.3.1 Área de estudo	10
2.3.2 Imagens adquiridas e usadas	12
2.3.3 Digitalização da carta (década de 1970).....	15
2.3.4 Geração das Imagens NDVI.....	16
2.3.5 Componentes principais.....	16
2.3.6 Classificação de imagens.....	16
2.3.7 Comparativo temporal	16
2.4 RESULTADOS	17
2.4.1 Digitalização da carta.....	17
2.4.2 Mapeamento do banhado São Donato usando imagens multiespectrais .	18
2.4.3 Classificação de imagens Landsat 8 (safra 2017/2018)	21
2.4.4 Comparativo temporal do mapeamento de matas	233
2.4.5 Limites biofísicos do banhado	255
3 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	300

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a questão ambiental tem ganhado grande notoriedade e importância nos diversos níveis da sociedade. Nota-se uma crescente preocupação com o esgotamento dos recursos naturais e as suas consequências para a vida na Terra (NETO, 2009). Em vista disso, um dos instrumentos utilizados para a proteção desses recursos é a criação das Unidades de Conservação (UC) pela Lei 9.985 em julho de 2000, instituída pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que são áreas com a finalidade de proteger remanescentes florestais de pequenas e grandes extensões de áreas naturais, assim como seus recursos naturais, garantindo a conservação da biodiversidade e a utilização sustentável ou proteção integral das mesmas (BRASIL, 2000).

As Reservas Biológicas (REBIO) pertencem ao grupo de proteção integral dentre as categorias das unidades de conservação. As Reservas foram criadas com o objetivo de preservação e proteção dessas áreas e favorecem as pesquisas científicas relacionadas à flora e fauna das determinadas regiões. Entretanto, esses espaços protegidos enfrentam vários problemas e sofrem efeitos antrópicos adversos, muitos deles são causados por empreendimentos que afetam de forma direta e indiretamente as UCs e seu entorno (RANGEL e BUENO, 2016).

Dessa forma, muitas Unidades de Conservação têm dificuldade de cumprir a proteção do meio ambiente que é designada, como é o caso da Reserva Biológica São Donato, criada pelo Decreto Estadual nº 23.798 em março de 1975, tem como objetivo a proteção do São Donato à expansão da agricultura daquela região.

A Rebio está inserida nos municípios de Maçambará e Itaqui, na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul. A área protegida é formada por banhados, portanto, a demanda hídrica necessária para conservar o equilíbrio ambiental é fundamental neste tipo de ecossistema, ela faz parte de uma região com diversas lavouras de arroz e soja, a lavoura de arroz demanda um manejo no qual ocorre uma irrigação da área plantada por um período apreciável de seu ciclo fenológico, estabelecer uma gestão que permita uma relação harmônica entre este tipo de cultura e a conservação do banhado é um grande desafio para a gestão ambiental.

Dessa forma, este trabalho apresentará uma análise multitemporal da Reserva Biológica São Donato, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. A análise dos produtos geográficos vai verificar uma substituição

dos banhados naturais por ocupações relacionadas ao cultivo de lavouras de arroz e soja, que se encontram dentro da área de estudo.

Essa Unidade de Conservação vive sobre constante ameaça a seus ecossistemas, o uso das geotecnologias permite visualizar e informar à comunidade sobre as áreas que vêm sendo danificadas pelas práticas de manejo inadequadas em relação ao cultivo de arroz, assim como, buscar sensibilizar e chamar atenção para essa reserva biológica que possui grandes riquezas naturais e deveria ser protegida.

Assim, o intuito deste estudo é agregar às pesquisas sobre essa unidade de conservação, por meio de uma análise, que busca avaliar as mudanças ocorridas na reserva e seu entorno desde a sua criação, da década de 70 até datas mais recentes no período de 2017/2018, bem como identificar e mapear o uso do solo da área de estudo.

Para a realização deste trabalho utilizou-se cartas elaboradas na década de 70, imagens multiespectrais do Landsat 5 (década de 80 e 90) e Landsat 8 (2017-2018), além do auxílio de imagens de alta resolução (GoogleEarth e sensor HRC do CBERS 2b) para mapear e avaliar as mudanças mais substanciais dentro e no entorno da Rebio São Donato nas últimas cinco décadas.

As imagens multiespectrais disponíveis no programa Landsat, através dos sensores TM (Landsat 5) e OLI (Landsat 8) possuem bandas em regiões estratégicas que permitem identificar as variações associadas a vegetação, solo e água dentro da área de estudo, com uma resolução espacial adequada para estudos ambientais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação foram criadas através da Lei 9.985 em julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) regulamentado em 2002 pelo decreto 4.340. Consistem em espaços territoriais, incluindo seus recursos naturais, com a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional, preservando o patrimônio biológico existente (BRASIL, 2000).

As Unidades de Conservação concebem o meio para o estudo e preservação da fauna e flora nativas de um bioma e caracteriza-se como importante instituto na proteção ambiental e compatibilização do uso dos recursos naturais com o desenvolvimento econômico, social e turístico de uma região. (GARBELINI, 2011).

O SNUC regulamenta e define as categorias de unidades de conservação nas instâncias federal, estadual e municipal (MMA-SNUC, 2000). Estas UCs são divididas nos seguintes grupos: Unidades de Proteção Integral, que visam preservar a natureza, admitindo somente o uso indireto dos seus recursos naturais; e Unidades de uso Sustentável que têm como objetivo de conciliar a conservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais permitindo a presença humana (MILARÉ, 2004).

As unidades de conservação são geridas pelos órgãos: consultivo ou deliberativo constituído pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Central constituído pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente) e Executor constituído pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) porém, a partir da criação da Lei nº 11.516/ 07 a instituição responsável a executar ações da política nacional de unidades de conservação é o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). (JARDIM e MARTINS,2018).

2.1.2 Conceito jurídico e biológico de reserva biológica

Primordialmente as Reservas Biológicas foram previstas no Código Florestal Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 em seu artigo 5º determinara que assim como as Reservas, os Parques Nacionais, estaduais e municipais, possuíam a finalidade de resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da fauna, flora e belezas naturais com propósitos educacionais, recreativos e científicos. Posteriormente no Código de Caça, Lei 5.197, de 03 de janeiro de 1967, também em seu artigo 5º determinou que somente as atividades científicas seriam permitidas em Reservas Biológicas, desde que fossem previamente autorizadas pela autoridade competente.

Todavia estes artigos foram revogados e, por fim, substituídos pelo artigo 10º da Lei 9.985/2000, Lei do SNUC, definiu que as Reservas Biológicas têm como objetivo a preservação integral de todos os seres vivos daquela biota e demais atributos naturais, onde não é permitida interferência humana direta ou modificações ambientais, desempenhando as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para a preservar e recuperar o equilíbrio natural, diversidade biológica e os processos ecológicos. A REBIO é de posse e domínio públicos, de modo que particulares serão desapropriados (BRASIL, 2000).

A Reserva Biológica é um espaço em que as espécies da flora e da fauna de uma região encontram as condições que serão totalmente favoráveis, não só de sobrevivência como de reprodução, tendo em vista que é justamente esse o objetivo principal da reserva biológica. (LEITE,2001). Possuem tamanhos bastante variados e determinados pelos espaços requeridos para os objetivos científicos a que se propõem, de modo a garantir a sua proteção (MILARÉ, 2007).

2.1.3 Lei de criação da REBIO São Donato

A Reserva biológica São Donato localizada na Fronteira Oeste, no estado do Rio Grande do Sul ao longo da BR- 472, nos municípios de Maçambará e Itaqui é classificada como Unidade de Conservação Estadual, criada através do Decreto N° 23.798 de 12 de março de 1975. Pertencente ao grupo de Proteção Integral, que tem como objetivo preservar seu ambiente natural das extrações intensas de seus recursos naturais e proteger as espécies biológicas (RIO GRANDE DO SUL,1975).

A REBIO pertence ao bioma Pampa, que é um ecossistema restritamente presente no Estado do Rio Grande do Sul, representado por 63% do território gaúcho. As paisagens naturais do Pampa são caracterizadas pela dominância de vegetação campestre, em meio a isso, encontram-se matas ciliares nas margens dos rios e arroios, formações subarbustivas e arbustivas. Portanto, o Bioma Pampa é um grande mosaico de diferentes tipos de fitofisionomias campestres, além de possuir áreas úmidas e florestas (CHOMENKO e BENCKE, 2016).

A reserva consiste em áreas úmidas, também conhecidas como banhados, que são definidos através do art. 6º do Decreto Nº 52.431, de 23 de junho de 2015, como solos naturalmente alagados ou saturados de água por período não inferior a 150 dias ao ano, contínuos ou alternados, excluídas as situações efêmeras, as quais se caracterizam pelo alagamento ou saturação do solo por água apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

2.1.4 Sensoriamento remoto e programa Landsat

Nas últimas décadas a geotecnologia do sensoriamento tornou-se uma importante fonte de informações para monitorar os recursos naturais da Terra. De modo que os processos que ocorrem nestas áreas podem ser compreendidos de maneira melhor, além da possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas. Os estudos de reconhecimentos de mudanças na cobertura da terra através do sensoriamento remoto são baseados no fato de que distúrbios, tanto naturais quanto de origem antrópica produzem variações que são detectadas na resposta espectral do alvo ou do fenômeno estudado no meio ambiente (FERNANDES, 2007).

O sensoriamento remoto trata-se da aquisição de dados de um objeto por um sensor que se faz distante do alvo (COLWEL, 1983). Resume-se a imagens de satélite, fotografias aéreas e radares, produzidos através de dispositivos remotamente sensoriados (FREIRE e PACHECO, 2004).

Essa tecnologia que utiliza um conjunto de sensores, equipamentos para processamentos e transmissão de dados colocados em aeronaves e outras plataformas, com o objetivo de estudar os diversos processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, através das informações que são obtidas a partir do

registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem (NOVO, 2008).

A energia que chega ao sensor com uma certa intensidade se transforma em um sinal passível de interpretação. As interpretações compõem os sistemas de análise de dados que incluem o processamento fotográfico, o processamento eletrônico do sinal, a modelagem etc. Esta análise permite que dados de reflectância integrem modelos de produtividade (NOVO, 1995).

As imagens de satélite são utilizadas como fonte de informações orbitais, uma das séries de satélites mais utilizadas no Sensoriamento Remoto é o LANDSAT, surgiu no final da década de 60, como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da Nasa (National Aeronautics and Space Administration). Por se tratar de um Programa de satélites mais antigo, lançado em julho de 1972 e com imagens recebidas no Brasil de forma gratuita desde 1973, o programa apresenta um importante acervo histórico de imagens orbitais (NASA,2013).

O Programa Landsat constitui-se em uma série de satélites desenvolvidos e lançados pela NASA. Sua missão foi viabilizar a obtenção de dados multiespectrais calibrados, capaz de fornecer imagens de alta resolução espacial, para permitir comparações do estado da superfície terrestre ao longo do tempo (NOVO, 2008). Conhecendo o comportamento espectral dos alvos na superfície terrestre é possível escolher as bandas mais adequadas para estudar os recursos naturais (SAUSEN, 2006).

Os dados deste satélite são o mais completo e longo registro das superfícies continentais do Planeta Terra a partir do espaço, de grande valor para os estudos sobre mudanças globais no mesmo (NOVO, 2008).

O Landsat 5 apresentava o sensor TM, um dos sensores mais usados no mundo para as mais diversas aplicações, entre elas diagnósticos ambientais, cada passagem do Landsat 5 gerava uma cena com 185 km x 172 km com as características exibidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5.

Número de banda	μm	Resolução espacial	Resolução temporal
1	0,45-0,52	30 m	16 dias
2	0,52-0,60	30 m	16 dias
3	0,63-0,69	30 m	16 dias
4	0,76-0,90	30 m	16 dias
5	1,55-1,75	30 m	16 dias
6	10,41-12,5	120 m	16 dias
7	2,08-2,35	30 m	16 dias

Fonte: Nasa (2020).

Após quase 30 anos de operação do Landsat 5 (1984-2013) foi lançado o Landsat 8 (2013) contendo características semelhantes, a maior diferença consiste na mudança da resolução radiométrica de 8 bits para 16 bits das cenas contendo o tamanho de 185 km, a Tabela 2 apresenta as características do sensor OLI.

Tabela 2 - Características do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8.

Número de banda	μm	Resolução espacial	Resolução temporal
1	0,43-0,45	30 m	16 dias
2	0,45-0,51	30 m	16 dias
3	0,53-0,59	30 m	16 dias
4	0,64-0,67	30 m	16 dias
5	0,85-0,88	30 m	16 dias
6	1,57-1,65	30 m	16 dias
7	2,11-2,29	30 m	16 dias
8	0,50-0,68	15 m	16 dias
9	1,36-1,38	30 m	16 dias

Fonte: USGS (2020)

2.1.5 Índice de vegetação normalizada (NDVI)

Segundo Jensen (2009) o NDVI é um indicador sensível de vegetação verde, que apresenta valores que variam entre -1 e +1, sendo que, para locais que mostram alguma vegetação aparente os valores indicados vão de uma escala de 0 a 1 e, quanto aos valores inferiores ou próximos à zero, depara-se com respostas com ausência ou quase nenhuma vegetação ou até mesmo cursos d'água.

Este índice foi proposto por Rouse *et al* (1973) e responde a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Se trata de uma equação que explora a diferença que existe entre o infravermelho próximo e vermelho na vegetação foto sinteticamente ativa.

2.1.6 Componentes principais ou PCA (Principal Component Analysis)

Neste processo é utilizado o coeficiente de correlação para determinar os autovalores, que representam o comprimento dos eixos das componentes principais de uma imagem e são medidos em unidade de variância, conforme o Manual do Spring. A análise por Componentes Principais reduz a dimensionalidade dos dados, através da seleção de bandas com o máximo teor de informações espectrais dos alvos. Geralmente, na primeira e na segunda componente estão presentes 98% ou mais, das informações espectrais dos alvos contidos na área (MOREIRA, 2000).

2.1.7 Classificação de Imagens

Os dados multiespectrais podem ser representados num espaço multidimensional, tal que cada pixel da imagem se encontre representado por coordenadas associadas ao seu brilho em cada uma das bandas, e esse brilho seja dependente do comportamento espectral dos alvos de interesse (NOVO,2008). O principal objetivo do processo de classificação é categorizar todos os pixels automaticamente da imagem a ser analisada, distribuindo rótulo a cada um deles, a fim de serem relacionados de acordo com a realidade da área.

A associação de conjuntos de classes espectrais a tipos específicos de objetos da superfície é feita através de técnicas matemáticas conhecidas pelo termo “reconhecimento de padrões”. Os padrões são os vetores matemáticos de pixels que contém conjuntos de valores de brilho organizados em forma de coluna. Para a classificação das imagens escolhe-se o método de Classificação Não Supervisionada.

2.1.8 Classificação não supervisionada

Nessa etapa, alguns parâmetros foram fornecidos ao sistema para que o mesmo os utilizasse como critério no momento de agrupamento dos pixels em diferentes classes. Para realizar esse procedimento, fez-se necessário o uso da

segmentação, que consiste de um conjunto de contornos de regiões extraídos da imagem espectral, esse processo requer a definição das bandas espectrais e dos limiares de similaridade e área, optou-se pelos valores 10 para similaridade e 20 para área de pixel. Essas medidas são responsáveis pela qualidade e preparo das imagens para fins de classificações.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo geral

Avaliar temporalmente as mudanças na Reserva Biológica São Donato nas últimas 5 décadas usando técnicas de sensoriamento remoto.

2.2.2 Objetivos específicos

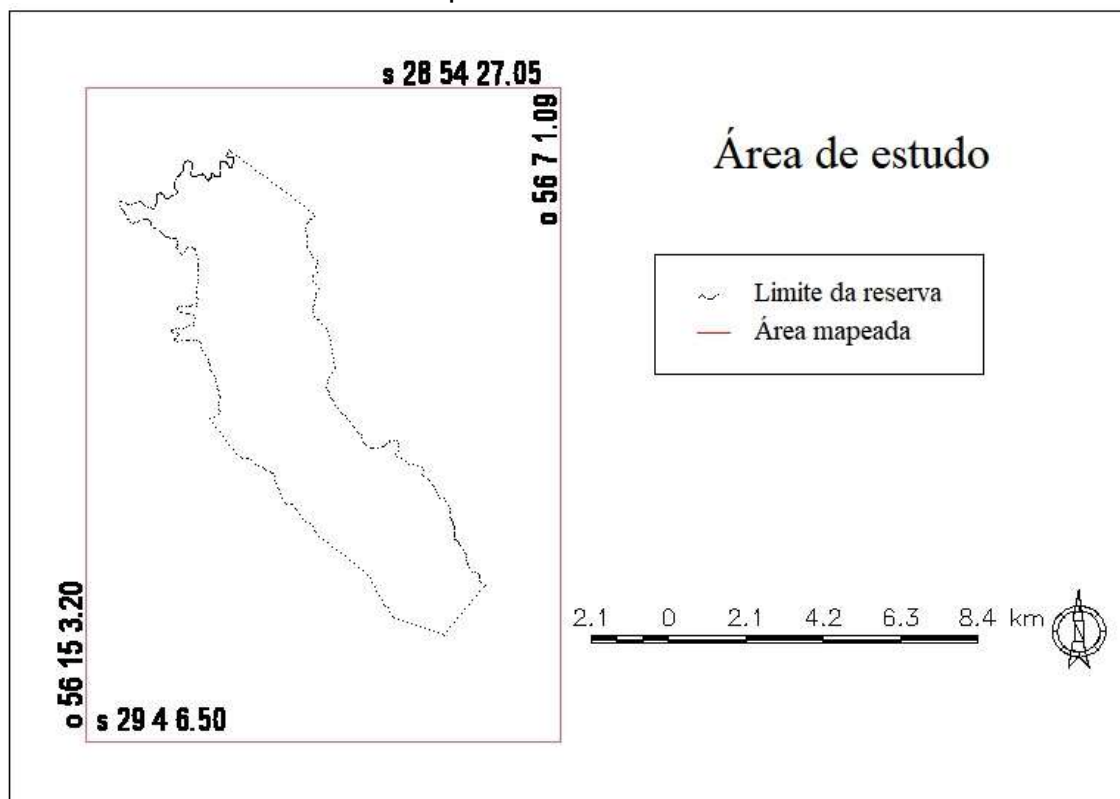
- Avaliar as mudanças dos limites biofísicos do banhado desde a década de 70.
- Identificar e mapear o uso do solo dentro e no entorno da Rebio São Donato.
- Identificar a heterogeneidade dos alvos biofísicos dentro da área julgada como conservada.

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Área de estudo

A Reserva encontra-se localizada na Fronteira Oeste do Rio Grande do sul nos municípios de Maçambará e Itaqui, entre as coordenadas de Latitude s 28°54'27.05" e 29°4'6.50", Longitude o 56°7'1.09" e 56°15'3.20". Situada no bioma Pampa, a REBIO São Donato possui área de aproximadamente 4.328 (área obtida pelo SIG) de campos, lavouras, matas e banhado. Pertence a Bacia Hidrográfica Butuí e é cortada pela BR 472. A Figura 1 apresenta o limite da REBIO São Donato comparado com a área mapeada.

Figura 1 - Limite da Unidade de Conservação da Reserva São Donato e área mapeada neste estudo.



Na Figura 1 é possível perceber que a área mapeada é mais ampla que a reserva, isso é importante para poder avaliar o contexto geográfico em que elas se encontram. Um estudo unicamente da parte interna da reserva seria uma análise incompleta.

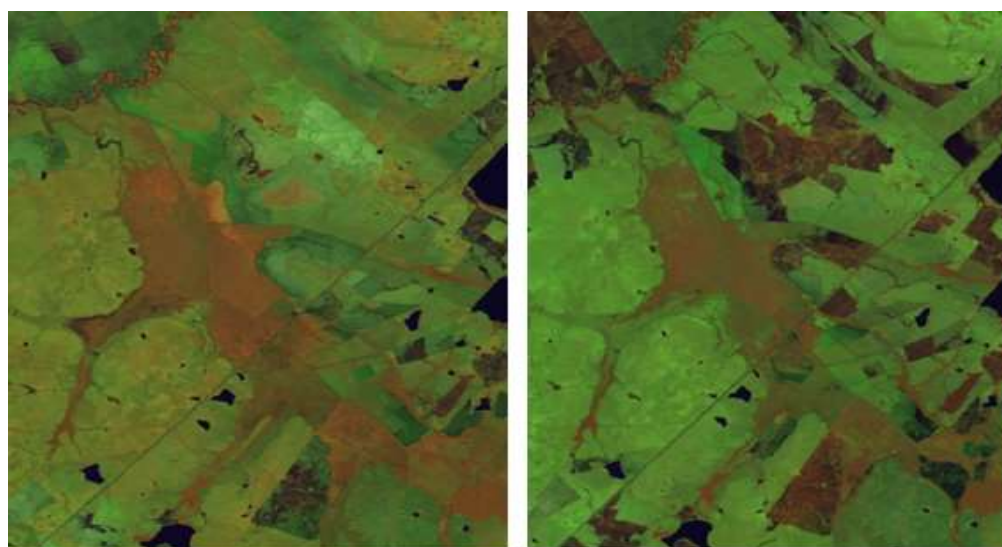
Para a realização deste trabalho foi criado um SIG (Sistema de Informação Geográfica) utilizando o software Spring desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com o qual foi elaborado um banco de dados contendo a delimitação da área e entorno. Foram usadas cartas topográficas da década de 1970, obtida de forma gratuita do Banco de Dados Geográficos do exército no site <https://bdgex.eb.mil.br/bdgex/?controller=index&action=index&module=default> para delimitar a área de estudo.

Foram incorporadas ao SIG imagens multiespectrais da safra de verão de décadas diferentes do satélite Landsat 5 (década de 80 e 90) e Landsat 8 (2017/2018), adquiridas gratuitamente no catálogo de imagens no site do INPE disponível em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> e <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

2.3.2 Imagens adquiridas e usadas

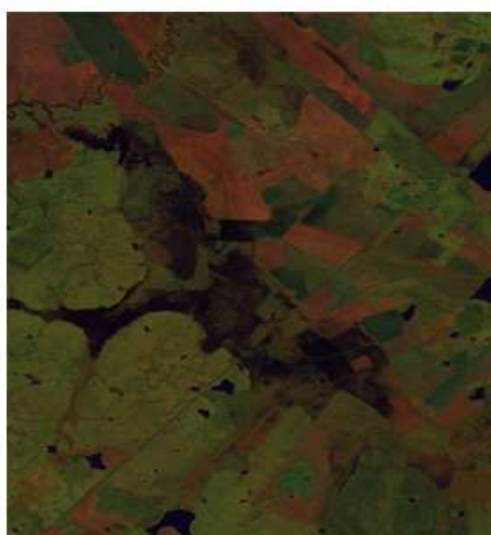
As imagens Landsat 5 foram registradas usando as imagens Landsat 8 como referência, as imagens georeferenciadas foram importadas e recortadas. As Figuras 2 e 3 apresentam as imagens analisadas de 1984/85 e 1996/97.

Figura 2 - Composição Banda 3 (Blue), Banda 4 (Red) e Banda 5 (Green) das imagens Landsat 5 (sensor TM) das imagens analisadas de 1984/85.



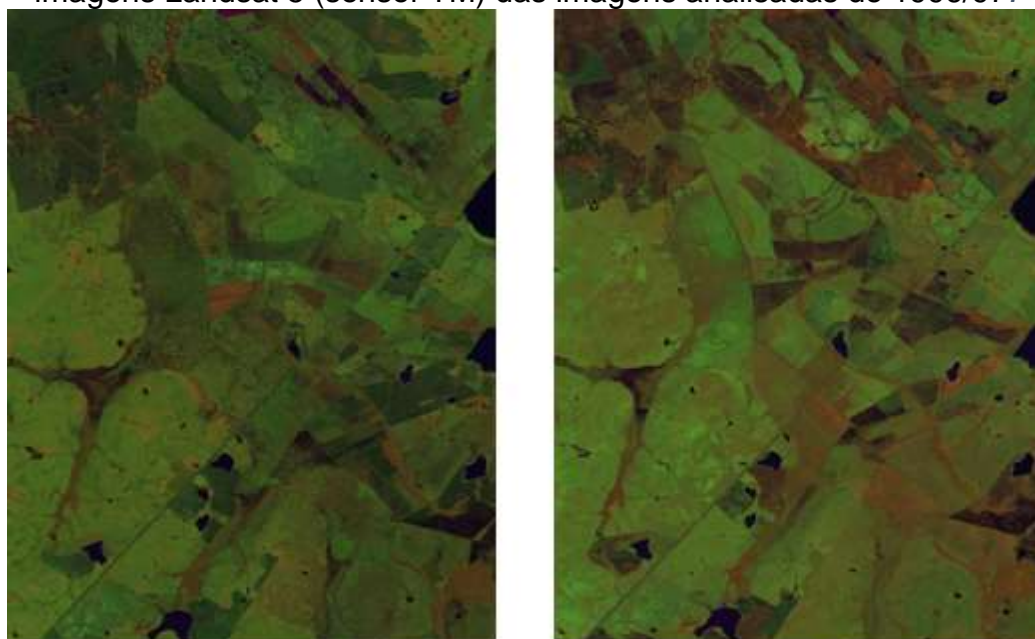
9/12/1984

10/01/1985



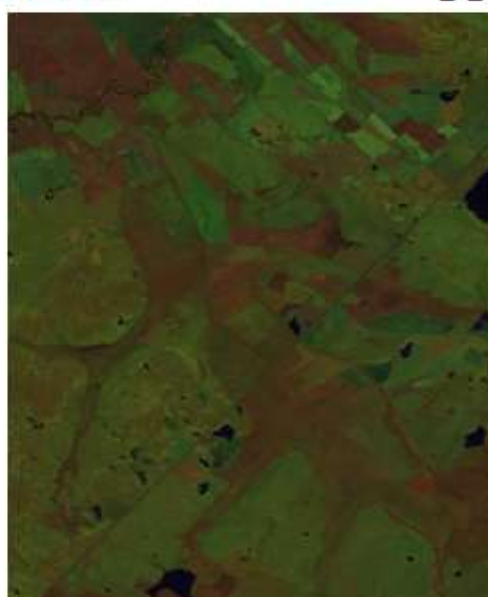
31/03/1985

Figura 3 - Composição Banda 3 (Blue), Banda 4 (Red) e Banda 5 (Green) das imagens Landsat 5 (sensor TM) das imagens analisadas de 1996/97.



7/10/1996

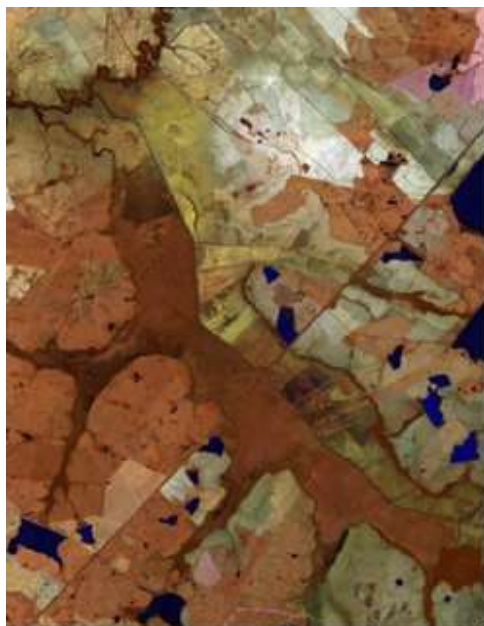
11/01/1997



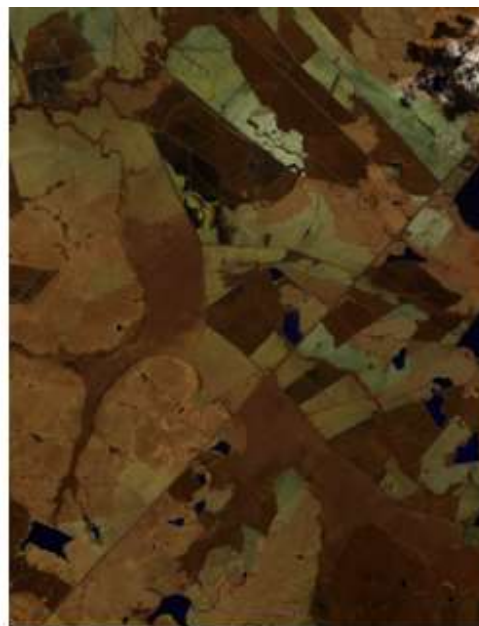
1/04/1997

No período mais recente escolhido, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, de órbita 224 e ponto 080. A Figura 4 apresenta as imagens de 2017/18.

Figura 4 - Composição Banda 4 (Blue), Banda 6 (Red) e Banda 7 (Green) das imagens Landsat 8 (sensor OLI) das imagens analisadas de 2017/18.



2/11/2017



5/01/2018

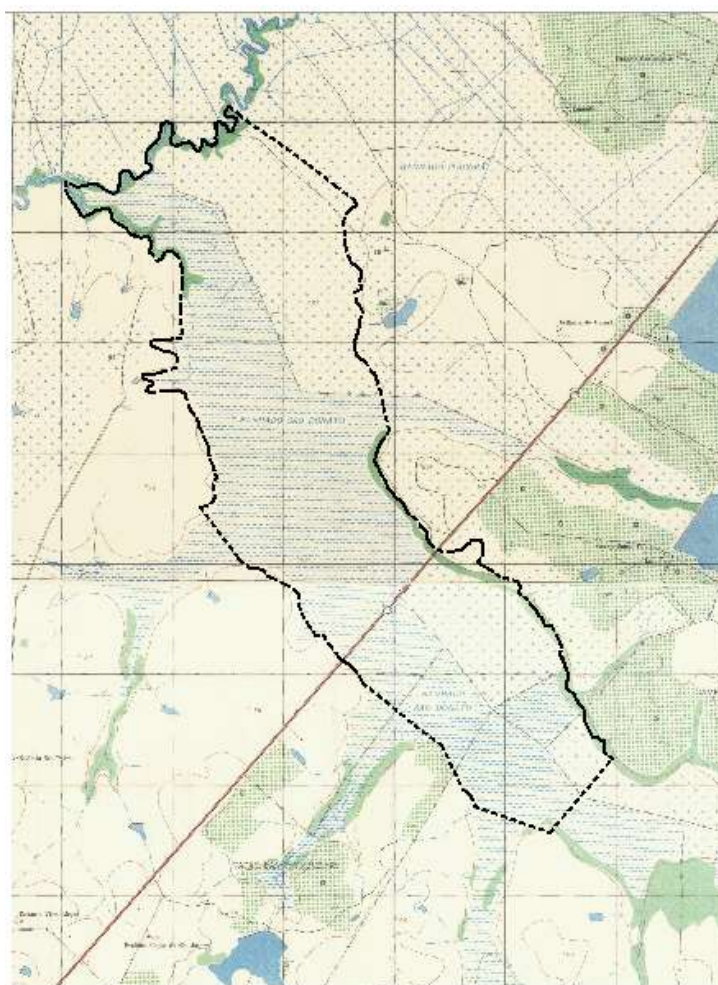


10/03/2018

2.3.3 Digitalização da carta (década de 1970)

A carta topográfica de escala 1:50.000 elaborada na década de 1970, foi obtida do Bando de Dados Geográficos do Exército Brasileiro de forma gratuita. A Figura 5 consiste no mosaico gerado a partir das cartas Itacorã (MI – 2926/4) e Maçambará (MI – 2943/2).

Figura 5 - Carta importada no SIG que posteriormente foi digitalizada (década de 70) da área de estudo.



2.3.4 Geração das Imagens NDVI

Foram elaborados índices de vegetação (NDVI) pela combinação de bandas espectrais, através de operações aritméticas, que geram um valor único e indicam a quantidade ou vigor de vegetação. Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, foram utilizadas a razão entre as bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo. Estas bandas possuem uma numeração diferente em cada satélite e deve ser realizada com cuidado.

2.3.5 Componentes principais

Foram selecionadas as bandas 4, 6 e 7 (vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio) das imagens Landsat 8 (2017/2018). A operação transformou o conjunto de imagens em outro conjunto de componentes – PC1, PC2, PC3 e PC4 referentes as bandas das imagens espectrais do Landsat 8, safra de 2017/2018. A partir desses componentes, foi montada uma nova composição para devida avaliação das imagens.

2.3.6 Classificação de imagens

Foi empregado o uso do algoritmo Isepeg, que representa um agrupamento de dados aplicados sobre o conjunto de regiões, que são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área. (INPE/DPI, 2006). O resultado final do processo constitui um mapa de pixels classificados, representados por cores diferentes. Para a confecção do mapeamento de uso e ocupação de solo utilizou-se as seguintes classes temáticas: Banhado, Água, Mata, Florestação, Campo, Zona agrícola e Solo Exposto.

2.3.7 Comparativo temporal

Os diversos materiais incorporados ao banco de dados foram comparados de várias formas. Usando ferramentas de mosaico e digitalização foi gerado o mapa multitemporal que classifica as zonas como perdidas ou conservada.

2.3.8 Classificação das áreas de banhado

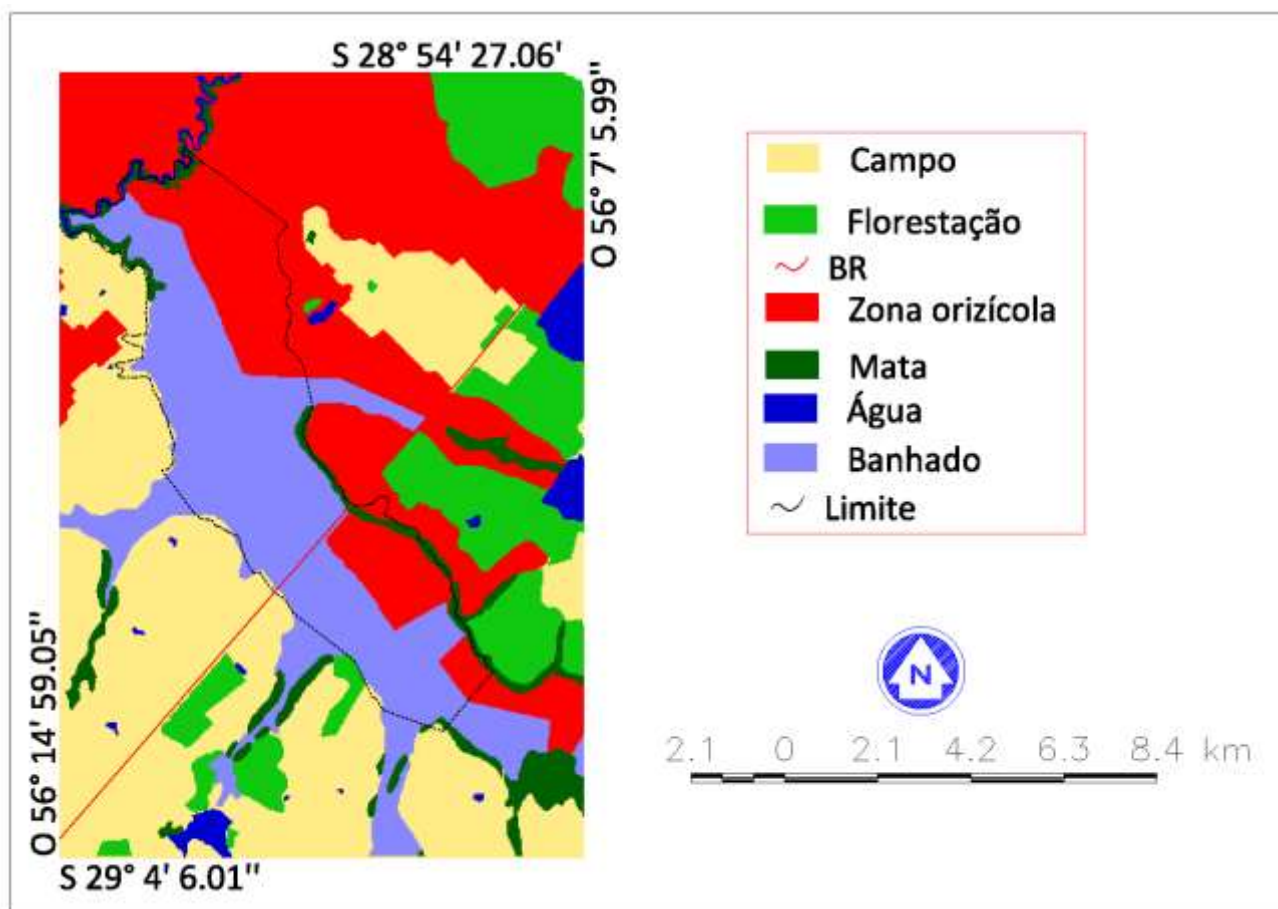
A fim de classificar as áreas de banhado como conservado ou perdido, foram consideradas as análises feitas através dos NDVIs, componentes principais e o uso do algoritmo Isoseg. Os locais definidos como banhado perdido, se deram através do resultado das modificações nas áreas que faziam parte do mesmo, e que ao longo do tempo foram substituídas por áreas relacionadas ao cultivo das lavouras de arroz e soja.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.4.1 Digitalização da carta

O resultado obtido da digitalização da carta (década de 1970) foi associado a divisão de unidades de conservação encontrada no site do SEMA/RS. A sobreposição destas informações demonstra claramente que uma grande parte do banhado estava delimitado do que atualmente a reserva consiste, porém existem regiões relevantes fora do limite estabelecido desde sua criação. Também é possível identificar matas e uma área agrícola relevante dentro da reserva. A seguir a Figura 6 apresenta a sobreposição da carta digitalizada com o limite da reserva.

Figura 6 - Limite da Reserva São Donato sobreposto ao mapeamento realizado a partir da Carta (década de 1970).



Uma análise apenas da área interna da reserva é insuficiente para um estudo de cunho ambiental, necessariamente a análise precisa considerar a área circundante da reserva para poder entender as mudanças temporais ocorridas nas últimas décadas no local de estudo.

2.4.2 Mapeamento do banhado São Donato usando imagens multiespectrais

Uma das estratégias usadas no mapeamento do uso do solo da área de estudo foi o uso de imagens NDVI (processamento descrito no item 2.3.4), além das imagens multiespectrais (descritas no item 2.3.2), os quais estão associados temporalmente com o ciclo fenológico do arroz (safra de verão), a combinação de NDVI's de diferentes datas permite identificar claramente as regiões onde a mudança de vegetação é relevante, é uma poderosa técnica usada para identificar lavouras.

A pesar das imagens multiespectrais do Landsat 5 e Landsat 8 usadas neste trabalho apresentarem importantes informações da superfície analisada, mesmo com o uso de imagens NDVI, ainda se optou por um processamento extra que consiste no uso de componentes principais, as imagens resultantes deste processamento demonstraram ser muito uteis para delimitar o banhado e identificar diferenças internas que nas outras imagens não estavam tão claras. As Figuras 7 e 8 apresentam um exemplo das combinações usadas.

Figura 7 - Imagens NDVI obtida através do uso das Bandas 4 e 6 do landsat 8. a) 2/11/2017; b) 5/01/2018; c) 10/03/2018 e d) Combinação dos NDVI's mencionados.

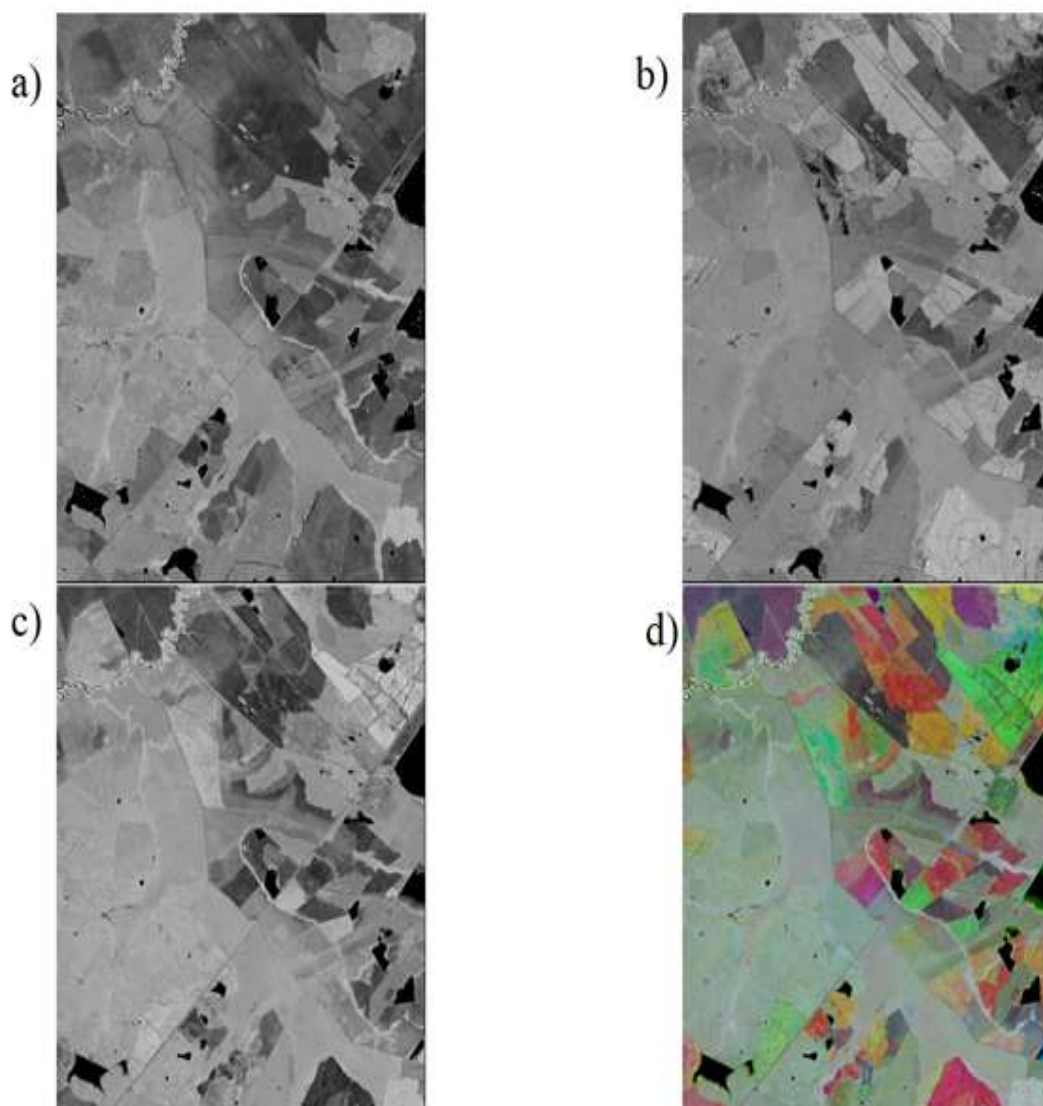
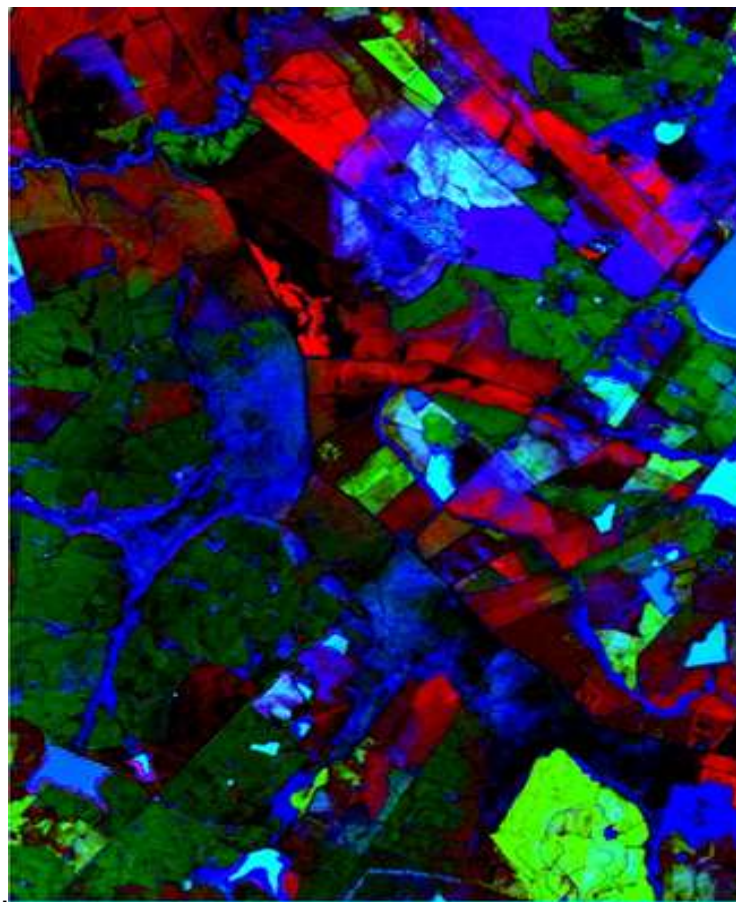


Figura 8 - Composição colorida obtida através das componentes principais das Bandas 4,5,6 e 7 do Landsat 8. PC3 de 02/11/2017 e PC4 de 05/01/2018 e 10/02/2018.



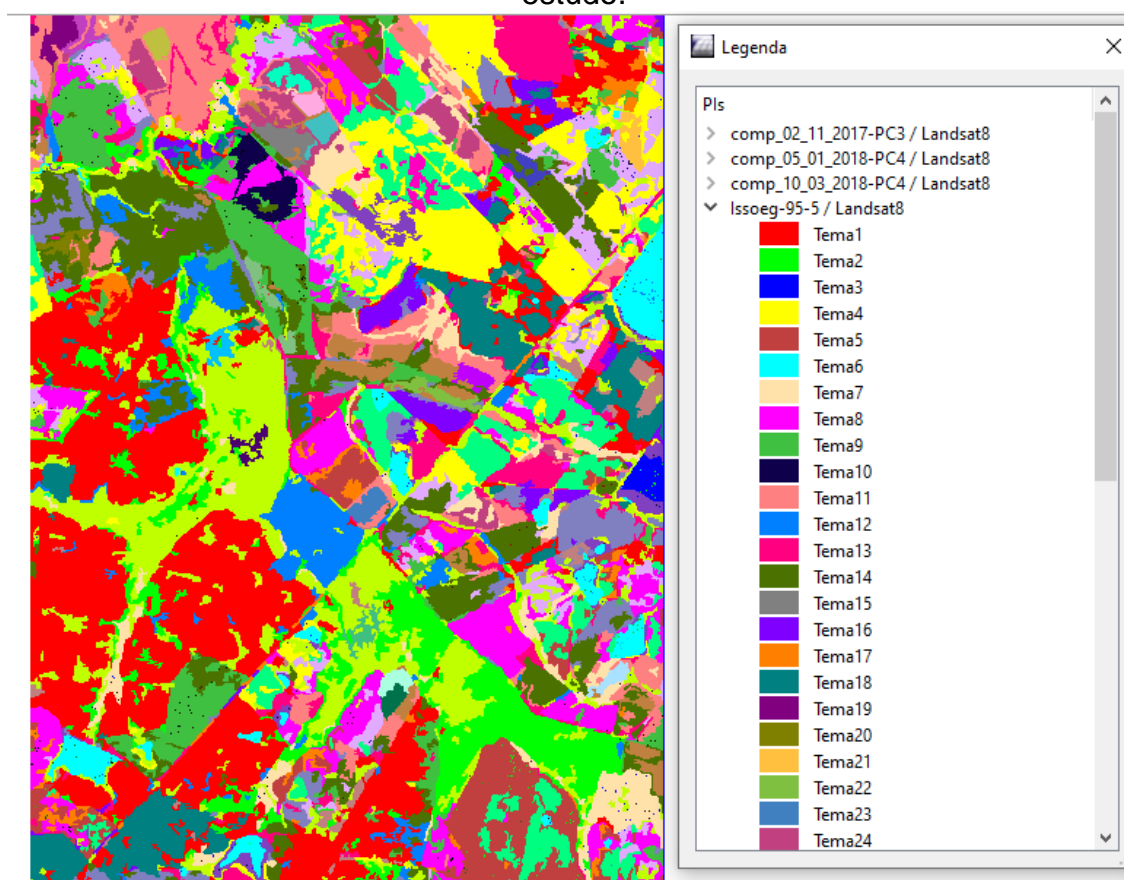
A análise das imagens demonstra grande potencial do uso destas composições. Na Figura 7, a combinação de NDVI gerou uma imagem onde o banhado aparece em cor de cinza, o que representa estabilidade na vegetação durante o ciclo fenológico da safra de verão, outros alvos também possuem esta característica temporal. As áreas coloridas estão associadas a vegetação ou regiões que apresentaram comportamento espectral predominante de solo (solo exposto), a classe solo exposto não necessariamente está associada a safra de verão, porém representa algum uso agrícola em algum período do ano.

Na Figura 8, a composição obtida das componentes principais permite identificar o banhado com clareza, nota-se pelo menos três sub-regiões diferenciadas, as quais certamente representam diferenças biológicas e geológicas no banhado. A combinação destas imagens foi escolhida para o processamento usando classificador não supervisionado isoseg (descrito no item 2.3.6).

2.4.3 Classificação de imagens Landsat 8 (safra 2017/2018)

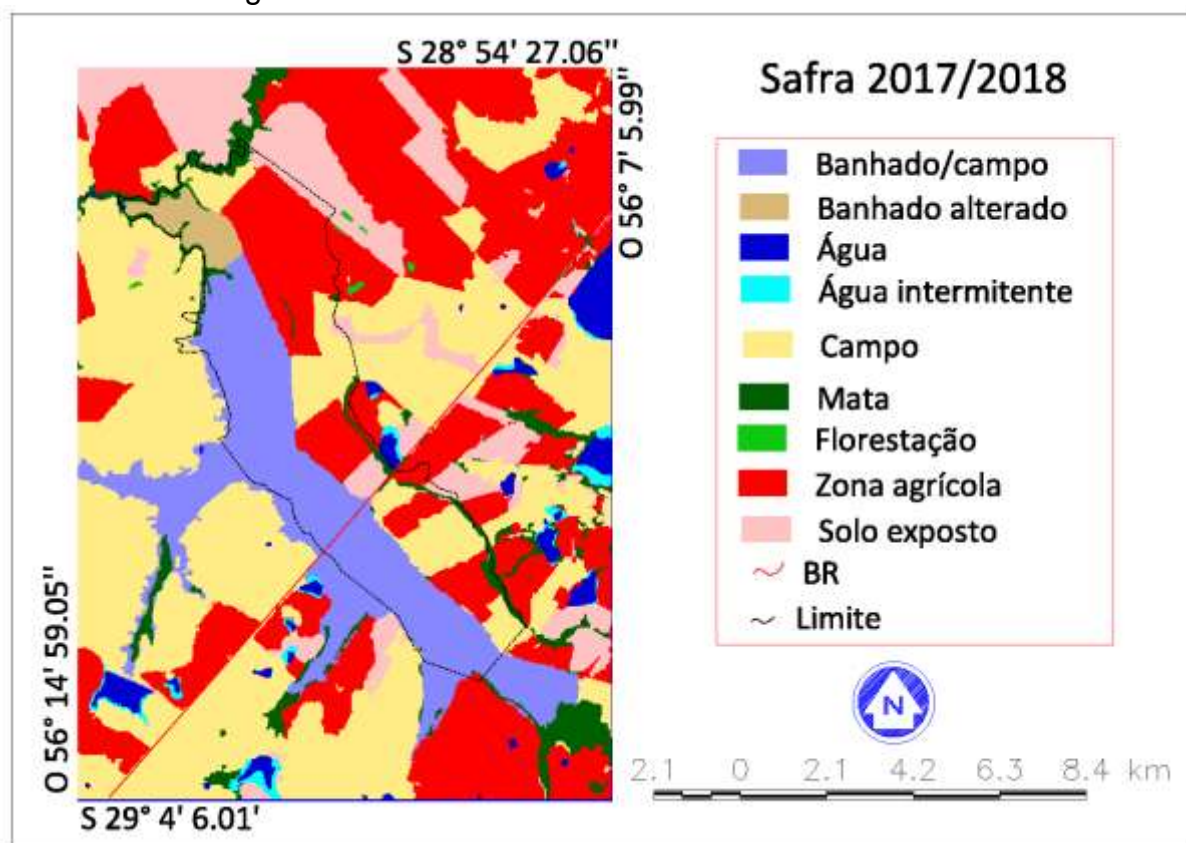
Usando as imagens Landsat 8 foi analisada a safra 2017/2018. Foram usados os NDVI's das três datas analisadas (três imagens) mais a PC3 de 2/11/2017, PC4 de 5/1/2018 e PC4 de 10/3/2018, portanto são 6 imagens de 8 bits usadas como parâmetro de entrada. Foi realizada uma segmentação com similaridade 20 e área de pixels 10. Isso significa que o limite de mapeamento está próximo de 1 ha, feições inferiores a esta área em tese considera-se não mapeados. Foi usado o classificador não supervisionado Isoseg implementado no Spring 5.2.3 (limiar de aceitação de 95% e número de interações 5). Esta classificação gerou uma imagem com 47 temas espectrais. A Figura 9 apresenta o resultado da classificação.

Figura 9 - Resultado da classificação não supervisionada (Isoseg) da área de estudo.



Após a análise da classificação não supervisionada os 47 temas foram alocados nas classes de campo definidas neste trabalho (descritas no item 2.3.6). O mapa resultante passou por retificações usando ferramentas de edição matricial de dados, a imagem HRC e as imagens do Google Earth serviram para elucidar dúvidas. A Figura 10 apresenta o resultado obtido.

Figura 10 - Resultados obtidos da safra de 2017/2018.



Analisando o mapeamento obtido é possível perceber que a presença agrícola é acentuada dentro e nas áreas circundantes da reserva. A classe banhado alterado consiste em uma área que foi usada para agricultura em safras anteriores. A presença de regiões onde predomina o comportamento espectral do solo (solo exposto) também consiste em forte indicio de uso agrícola na região. A Tabela 3 apresenta as estimativas da área interna da reserva.

Tabela 3 - Resultado do mapeamento das imagens Landsat 8 (safra 2017/18).

Classe	Área em ha	Porcentagem (%)
Banhado	1770	40,9
Banhado alterado	235	5,4
Água	6	0,1
Campo	766	17,7
Mata	216	5,0
Zona agrícola	1191	27,5
Solo Exposto	144	3,3
Total	4328	

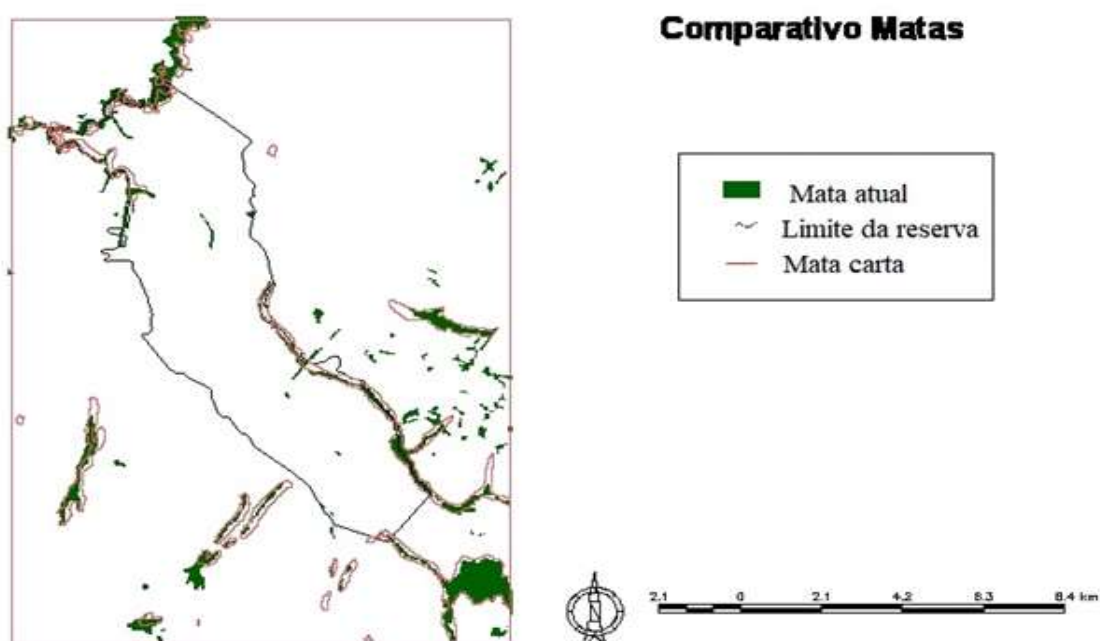
A REBIO encontra dificuldades em impedir a alteração de suas paisagens naturais em lavouras. Segundos os resultados obtidos entre 1990 e 2010, a reserva perdeu 32% de suas paisagens, principalmente para as áreas de lavouras, que no mesmo período cresceram em 31,25% (RIGHI, 2012).

2.4.4 Comparativo temporal do mapeamento de matas

O presente trabalho acadêmico por se tratar de um projeto de TCC de uma reserva ambiental torna a análise da conservação das matas relevante, a conservação de mata nativa é importante para avaliar o grau de preservação ambiental dentro e nas áreas circundantes da reserva. O comportamento espectral de mata nativa é semelhante ao de áreas florestadas, portanto algum nível de confusão entre mata nativa e áreas florestadas pode ocorrer baseada unicamente em imagens multiespectrais, no caso do mapeamento da carta ocorria o apoio de campo o qual elucidava dúvidas. Felizmente hoje em dia dispomos de outras fontes que auxiliam a identificar alvos e elucidar dúvidas.

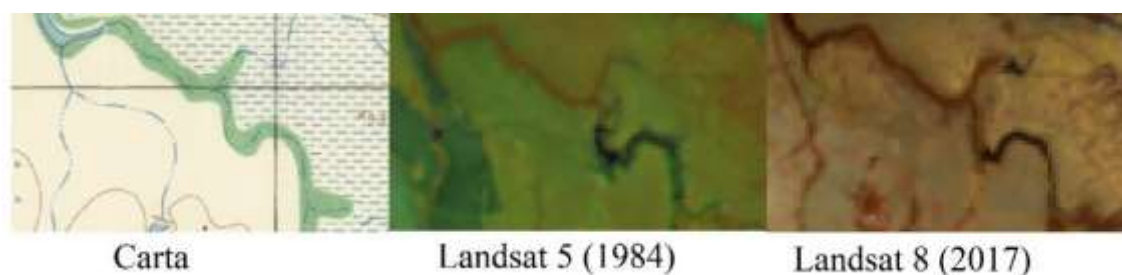
A quantidade de matas dentro e circundantes à reserva é facilmente identificado devido ao formato dos talhões e possibilidade de análise em imagens de alta resolução espacial, como é o caso do sensor HRC (2,7 m) e as imagens visualizadas no Google Earth. A Figura 11 apresenta a sobreposição da mata da carta (formato vetorial) e matas atuais da área de estudo (formato matricial).

Figura 11 - Comparação do mapeamento da mata obtida da carta (década de 70) e atual.



De uma forma geral existe um nível de sobreposição grande entre a classe mata comparada na Figura 11, a estimativa na área mapeada (retângulo) ficou próximo dos 1000 ha em ambos mapeamentos. Apesar de existirem diferenças de formato, localização e espessura nas áreas mapeadas como mata (deve-se considerar que se tratam de produtos cartográficos completamente diferentes) existe um nível de concordância muito alto. Porém diferenças relevantes foram detectadas em alguns casos, entre elas a espessura da mata ciliar em alguns lugares. A Figura 12 apresenta um exemplo.

Figura 12 - Comparação de uma região da área de estudo contendo mata ciliar.

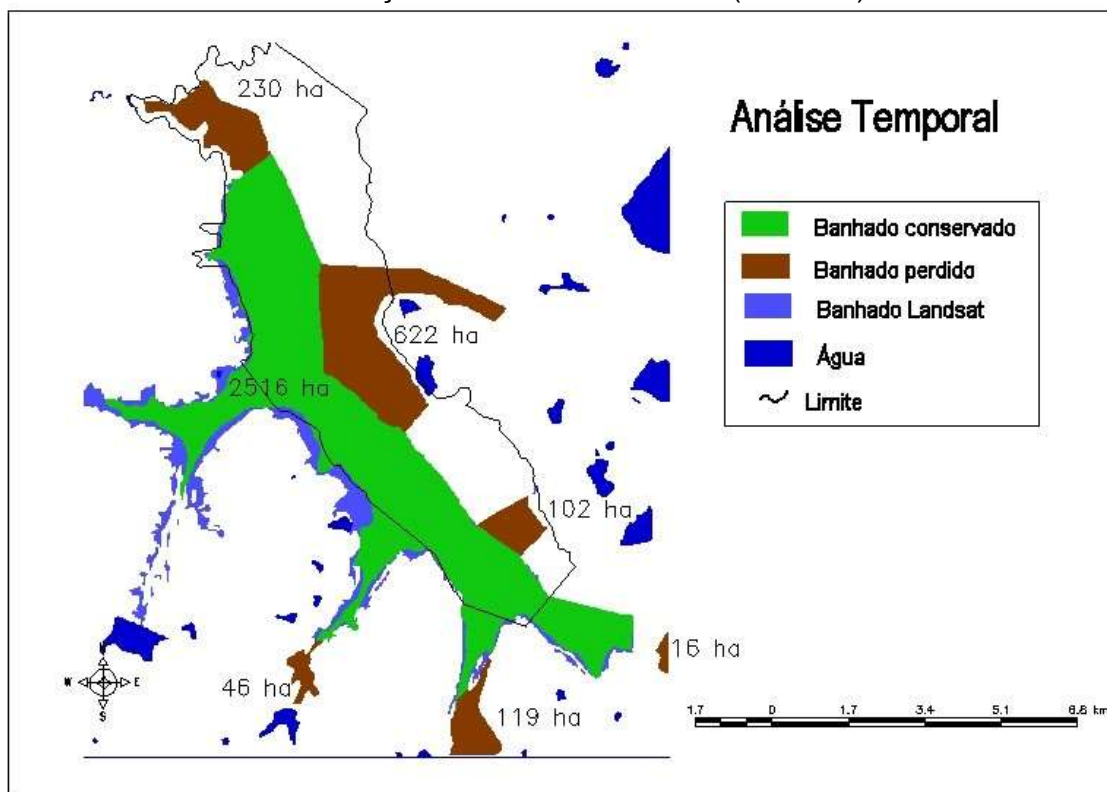


Comparando as imagens da Figura 12, considerando que a montagem foi realizada mantendo a mesma escala (proporção), nota-se que a carta apresenta uma mata ciliar mais espessa na carta. Talvez as técnicas usadas na confecção da carta (década de 70) superestimasse as matas ciliares em alguns casos, ou houve um desmatamento gradual da mata ciliar em alguns lugares nos primeiros anos de criação da reserva.

2.4.5 Limites biofísicos do banhado

Um trabalho que avalia uma série histórica de produtos cartográficos dos últimos 40-50 anos de uma reserva ambiental que consiste em um banhado certamente não poderia finalizar sem classificar a área de estudo em banhado conservado e banhado perdido. Porém devemos ter cuidado com estes termos, pois os níveis de conservação dentro da área julgada como conservada é diferenciado. Foram considerados apenas as macroáreas nesta classificação, divergências consideradas pequenas não foram mapeadas. Das 3651 ha mapeadas como banhado a partir da carta (década de 70) 2516 ha (ou 2931 ha si usarmos o mapeamento do Landsat 8) foram classificadas como conservada dentro do retângulo de estudo, 1135 ha foram classificadas como perdida. A Figura 13 apresenta o resultado obtido.

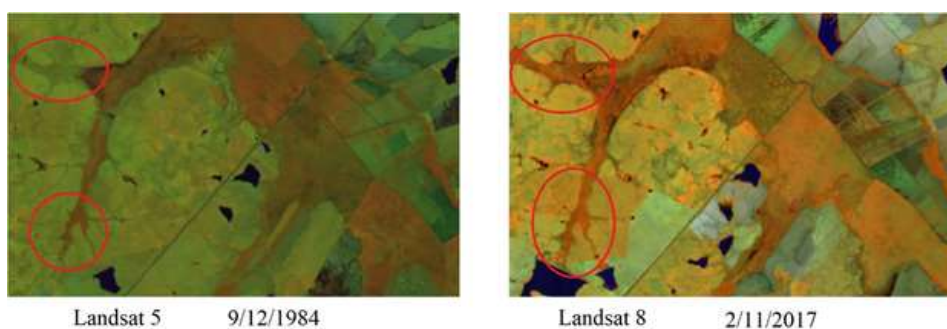
Figura 13 - Mapa temático contendo informações da carta (década de 70) e classificação usando o Landsat 8 (2017/18).



Na Figura 13 é possível identificar e quantificar as grandes áreas perdidas, ou seja, não conservadas do banhado. Porém também existe uma divergência do limite obtido por comportamento espectral processando imagens Landsat 8 e o mapeamento temático da carta no limite sudoeste.

A presença de barragens nas zonas de maior divergência entre a carta e o processamento das imagens Landsat 8 levou a uma análise visual associada ao banhado e barragens. A Figura 14 apresenta um comparativo.

Figura 14 - Comparativo de imagens Landsat 5 (1984) e Landsat 8 (2017).



A comparação das imagens exibida na Figura 14 demonstra que existe uma dinâmica associada a construção de barragens que alterou o banhado. Aparentemente a existência dos vertedores (sangrador) das barragens alterou o escoamento da água e provocou o crescimento do banhado em alguns pontos. Os vertedores são estruturas de segurança que permitem as barragens perder através de um escoamento planejado o excesso de água armazenada na barragem, a água superficial é um dos principais elementos que moldam a existência de um banhado.

Outro aspecto que chamou a atenção das imagens multiespectrais de 2017/2018 (Landsat 8) foi a inexistência de lâmina de água dentro do banhado. A água afeta fortemente o comportamento espectral de alvos, portanto sua presença é facilmente identificável, porém esta identificação só ocorreu dentro do banhado nas imagens multiespectrais do Landsat 5 (década 80 e 90).

Isso levou a uma consulta no banco do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e IRGA que contém dados históricos anuais das estações metrológicas. Foi analisada a estação de São Borja por se considerar a mais próxima. A Tabela 4 apresenta as precipitações acumuladas nos meses analisados.

Tabela 4 - Precipitações acumuladas nos meses associados as imagens Landsat 8 usadas no mapeamento de 2017/2018 comparada à média histórica.

Mês	Precipitação acumulada em mm (2017-2018)	Médias histórica em São Borja (1981/2010) em mm*
Novembro	115,8	151,2
Dezembro	118,6	151,9
Janeiro	181,6	130,9
Fevereiro	48,4	163,6

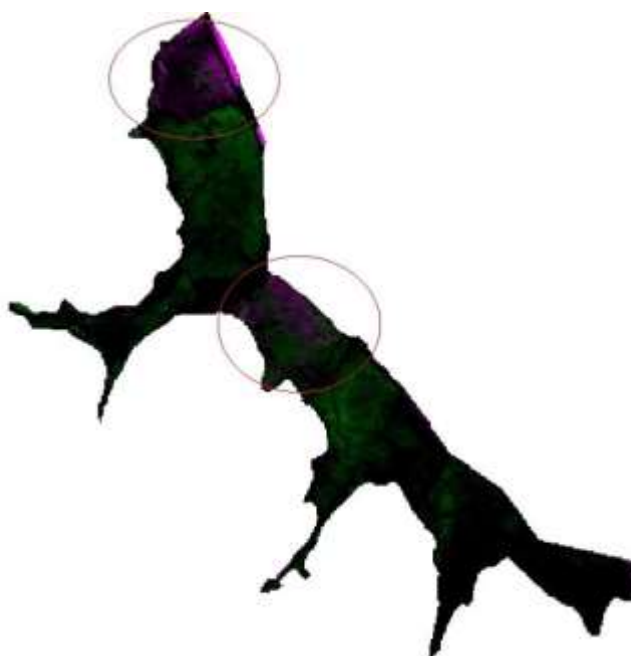
Fonte: IRGA (2020)

A análise comparativa das precipitações acumuladas (mm) demonstra que as precipitações dos meses analisados em 2017-2018 estão abaixo das médias históricas, com exceção do mês de janeiro. Apesar de precipitações mais baixas terem ocorrido, os dados demonstram que não se trata de uma estiagem extrema. A estiagem desse período poderia ser considerada moderada de acordo com a comparação realizada.

O que leva a crer que em períodos de estiagem moderada a quantidade de água no banhado é muito pequena. Isto é muito preocupante, pois a água é essencial para o ecossistema que existe no banhado, o qual certamente é afetado pelos extremos climáticos que estão sendo observado em todo o planeta.

Para finalizar a apresentação de resultados deste Trabalho de Conclusão de Curso exibe-se a Figura 15, consiste nos componentes usados no mapeamento 2017/2018 recortados usando o polígono da área julgada como conservada. A seguir a mencionada figura.

Figura 15 - Área recortada (componentes) da região classificada como conservada de banhado São Donato.



Como já havia sido mencionado existe uma heterogeneidade dentro da área classificada como conservada no banhado São Donato neste trabalho acadêmico. Existe duas zonas com comportamento espectral diferenciado (assinaladas com círculos na Figura 15) que podem representar alguma atividade humana ou algum desequilíbrio ambiental do ecossistema do banhado, recomenda-se saídas de campo que avaliem esta heterogeneidade constatada no processamento de imagens multiespectrais.

3 CONCLUSÃO

A análise multitemporal dos dados geográficos realizada demonstra que o banhado de uma forma geral vem sendo reduzido de diversas formas, certamente a existência desta reserva biológica está impactada e ameaçada.

Níveis de conservação diferenciados podem ser detectados através do processamento de imagens multiespectrais dentro da área classificada como banhado, um trabalho de campo que diagnostique e diferencie estas áreas internas aumentaria o entendimento sobre a reserva biológica.

As imagens multiespectrais demonstram a carência de água dentro do banhado durante o verão de 2017/18. A falta de água dentro deste tipo de ecossistema certamente afeta o equilíbrio ambiental do local estudado.

REFERÊNCIAS

BRASIL, **Lei 9.985, de 18 de julho de 2000**, Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 17 out. 2020.

CHOMENKO, Luiza; BENCKE, Glayson Ariel. **Nosso Pampa Desconhecido**. 1. ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016.

COLWELL, R. N. **Manual of remote sensing: interpretation and applications**. ed.2º Falls Church: American Society of Photogrammetry, 1983. 2440 p.

FERNANDES, G. A. **Utilização de imagens Landsat para identificação das áreas de vegetação natural alteradas pela ação antrópica na zona de amortecimento da Floresta 107 Nacional do Jamari**. 2007. Monografia de Conclusão Pós Graduação em Geoprocessamento, Instituto de Geociência. Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

FREIRE, Neison; PACHECO, Admilson. **Desertificação: Mapeamento e Análise**. Editora da UFPE: Recife, 2009.

GABERLINI, Sandra Mara. **Manual Prático de Unidades de Conservação**. 1. Ed. Goiânia: Ministério Público do Estado de Goiás, ESMP, 79 p. 2011.

INPE/DPI. **Tutorial de Geoprocessamento: Segmentação de Imagens**. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>. Acesso em: 14 nov. 2020.

IRGA. **Médias Climatológicas**. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>. Acesso em: 25 nov. 2020.

JARDIM, M. A. G; MARTINS, Marlúcia Bonifácio. **Reflexões em Biologia da Conservação**. 1. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 177p. 2018.

JENSEN, Jonh R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos terrestres**. 1. ed. São Paulo: Parêntese, 2009.

LEITE, J. R. M. **Estação Ecológica e Reserva Biológica: Direito Ambiental posto ou aplicado?**. 1. ed. São Paulo: Forense Universitária, 2001. p. 372-399.

MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente: A gestão ambiental em foco**. 5ª ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007. 1280p.

MMA (Ministério do Meio Ambiente) - **SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação)**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/dap/doc/snuc.pdf>. Acesso em 25 nov. 2020.

MOREIRA, R. C. **Influência do posicionamento e da largura de banda de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação.** 2000. P. 179. Dissertação Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2000.

NASA. **National Aeronautics and Space Administration. Landsat data continuity mission:** Continuously Observing Your World. 2013. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html. Acesso em: 28 nov. 2020.

NASA. **The Thematic Mapper.** Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-4-5/tm>. Acesso em: 7 dez. 2020.

NETO, Itagyba Alvarenga. **Uso de Ferramentas de SIG e Sensoriamento Remoto para o monitoramento do desmatamento em Unidades de Conservação:** Estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro – RO. 2009, 101 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rondônia – Geografia, 2009.

NOVO, E. M. L. D. M. **Sensoriamento Remoto:** Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.

NOVO, E. M. L. D. M. **Sensoriamento Remoto:** Princípios e Aplicações. 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2008.

RANGEL T. A. C; BUENO C. **Impacto dos Empreendimentos Lineares na Paisagem.** Águila, Revista Interdisciplinar UVA, Rio de Janeiro, Ano VII, n.15, p. 80-98. 2016.

RIO GRANDE DO SUL, **Decreto Estadual nº 23.798, DE 12 DE MARÇO DE 1975.** Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1975/dec_23798_1975_criaparquesestaduais_reservasbiologicas_rs.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020.

RIO GRANDE DO SUL, **Decreto nº 52.431, DE 23 DE JUNHO DE 2015.** Dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural e define conceitos e procedimentos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/14115105-decreto52431.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2021

ROUSE *et al.* **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS:** Earth Resources Technology Satellite. 1. ed. Washington: Proceedings, 1974. p. 48-62.

SAUSEN, Tânia Maria. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais.** Disponível em: <http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07>. Acesso em: 25 out. 2020.

USGS. **Landsat 8**. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-4-5/tm>. Acesso em: 7 dez. 2020.