



**Faculdades Nova
Esperança**

De olho no futuro

FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

RAFAEL MACARENCO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SUPRESSÃO VEGETAL POR MEIO DO USO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

JOÃO PESSOA

2022

RAFAEL MACARENCO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SUPRESSÃO VEGETAL POR MEIO DO USO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de conclusão de curso entregue
à Faculdade de Enfermagem Nova
Esperança como exigência para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Linha de pesquisa: Engenharia Rural.

ORIENTADORA: Prof. Msc. Gilmara Dannielle de Carvalho Rocha

JOÃO PESSOA

2022

N198a

Nascimento, Rafael Macarenco do

Análise comparativa de supressão vegetal por meio do uso do sensoriamento remoto / Rafael Macarenco do Nascimento. – João Pessoa, 2022.

34f.; il.

Orientadora: Prof^ª. Gilmara Dannielle de Carvalho Rocha.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. 3. RenovaBio. I. Título.

CDU: 528.425

FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SUPRESSÃO VEGETAL POR MEIO DO USO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo aluno Rafael Macareno do Nascimento, do curso de Bacharelado em Agronomia, tendo obtido o conceito Aprovado conforme a apreciação da banca examinadora.

Aprovado em 31 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Msc. Gilmara Dannielle de Carvalho Rocha
Orientadora

Prof^º. Dr. Júlio César Rodrigues Martins
Examinador

Prof^ª. Msc. Josiane Silva de Oliveira
Examinadora

ANÁLISE COMPARATIVA DE SUPRESSÃO VEGETAL POR MEIO DO USO DO SENSORIAMENTO REMOTO

NASCIMENTO, Rafael Macareno
ROCHA, Gilmara Dannielle de Carvalho

RESUMO

A expansão da cultura canavieira obrigou os governos a se comprometerem com os recursos naturais a fim de minimizar os impactos ao meio ambiente. Com o Acordo de Paris nasce a certificação Renovabio em forma de lei, no qual a matriz energética brasileira tem passado por sucessivas mudanças objetivando atender as metas da certificação. A elegibilidade adquirida através da certificação é realizada também por meio das análises comparativas para averiguação de supressão vegetal nos limites da fazenda a ser certificada. Portanto, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são aliadas as certificações ambientais, uma vez que é através dessas técnicas que são possíveis o monitoramento e a tomada de decisão quanto às ações aceitáveis para a conservação dos recursos naturais. Por fim, as imagens orbitais de acesso gratuito e a validação em campo resultaram na identificação tanto da vegetação e área cultivada quanto na investigação da não ocorrência da supressão vegetal presente no recorte de estudo.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Geoprocessamento. RenovaBio.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PLANT SUPPRESSION THROUGH THE USE OF REMOTE SENSING

NASCIMENTO, Rafael Macareno
ROCHA, Gilmara Dannielle de Carvalho

ABSTRACT

The expansion of sugarcane culture forced governments to commit to natural resources in order to minimize impacts on the environment. With the Paris Accord, the Renovabio certification was born in the form of a law, in which the Brazilian energy matrix has undergone successive changes in order to meet the certification goals. Eligibility acquired through certification is also carried out through comparative analyzes to verify plant suppression within the limits of the farm to be certified. Therefore, remote sensing and geoprocessing techniques are allied to environmental certifications, since it is through these techniques that monitoring and taking acceptable actions for the conservation of natural resources are possible. Finally, the free access orbital images and field validation resulted in the identification of both vegetation and cultivated area and in the investigation of the non-occurrence of plant suppression present in the study clipping.

Keywords: Remote sensing. Geoprocessing. RenovaBio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Satélites da série Landsat de 1970 até o presente.....	20
Figura 02 - Receptor <i>GNSS Hiper</i> +.....	25
Figura 03 - Interface do <i>Software PCCDU</i>	26
Figura 04 - Interface do <i>Software Topcon Tools</i>	26

LISTA DE MAPAS

Mapa 01 - Produção da cana-de-açúcar no Brasil, 2020.....	14
Mapa 02 - Localização da área de estudo.....	24
Mapa 03 - Uso e ocupação do solo da fazenda Nossa Senhora dos Prazeres.....	28
Mapa 04 - Análise comparativa para verificação de supressão vegetal por meio das imagens orbitais <i>Landsat 8</i> e <i>Sentinel 2A</i>	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Principais características das bandas do <i>Landsat 8</i>	21
Quadro 02 - Especificidades da missão Sentinel 2A.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CBIO – Crédito de Descarbonização

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

Copernicus – Programa de Observação da Terra da União Europeia

ERTS – Earth Resources Technology Satellite

ESA – Agência Espacial Europeia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Landsat – Land Remote Sensing Satellite

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NASA – Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço

PIB – Produto Interno Bruto

QGIS – Quantum GIS

SERPRO – Serviço Federal de Processamento de Dados

SHP – Shapefile

SICAR – Sistema de Cadastro Ambiental Rural

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIGEF – Sistema de Gestão Fundiária

USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 O setor sucroenergético brasileiro	13
2.2 As certificações ambientais: o RenovaBio.....	15
2.3 Sensoriamento remoto: análise espacial do uso e cobertura do solo	18
2.3.1 Projeto Land Remote Sensing Satellite – Landsat	19
2.3.2 Projeto Copernicus	21
2.4 Sistemas de Informações Geográficas – SIG	22
3 METODOLOGIA	23
3.1 Área de estudo	24
3.2 Equipamentos, <i>softwares</i> e banco de dados geográficos	25
3.3 Especificidades das bandas orbitais <i>Landsat 8</i> e <i>Sentinel 2A</i>	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Classificação e mapeamento do uso e ocupação do solo para validação do RenovaBio	27
4.2 Análise de comparativa de supressão vegetal das imagens de satélite LandSat 8 e Sentinel 2A entre os anos 2017 e 2021	28
5 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, da informação e da ciência, o setor sucroenergético se tornou um dos ramos produtivos que mais se beneficiou com a expansão do modo de produção atual. Aliado a isso, as políticas públicas direcionadas ao setor permitiu rapidamente sua expansão em áreas produtivas, intensificando as disputas por terras e pelo mercado consumidor.

No primeiro momento, com a expansão da cultura canavieira os recursos naturais foram negligenciados, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais advindos dessa cultura, as leis e políticas públicas se tornaram mais rígidas e como resultado as condições para produção e exportação se configuraram como pré-requisitos para os produtores da cana-de-açúcar. Portanto, as certificações ambientais desenvolvem práticas que proporcionam a proteção do meio ambiente e ações que melhorem a reputação das empresas que compõem o setor sucroenergético, tornando-a mais competitiva.

As análises se pautam na certificação RenovaBio, que representa a Política Nacional dos Biocombustíveis, que surgiu como compromisso do governo brasileiro com o Acordo de Paris, em 2016. Para alcançar as metas do acordo, o RenovaBio possui metas próprias para diminuir a emissão de carbono da matriz energética brasileira até 2025. Metas essas que se baseiam na redução das emissões de gases causadores do efeito estufa, a certificação de biocombustíveis e os Créditos de Descarbonização os chamados Cbios (BRASIL, 2017)

As análises para a elegibilidade da certificadora ambiental apenas são possíveis devido as técnicas aplicadas do sensoriamento remoto, extremamente importante para o monitoramento e planejamento agrícola, no qual consiste na obtenção de imagens à distância sem a necessidade de o sensor tocar o objetivo-alvo localizado sobre a superfície terrestre ou próximo a ela. Destaca-se ainda que esses sensores ou câmeras são acoplados aos satélites e/ou aeronaves com o objetivo de realizar o imageamento da superfície terrestre e somando-se a isso o sensor a bordo do satélite gera um produto denominado de imagem ou cena, resultando em dados orbitais a serem processados em um Sistema de Informação Geográfica – SIG (INPE, 2022).

Sendo, portanto, as imagens ou dados orbitais resultantes do sensoriamento remoto é válido ressaltar que os satélites disponibilizam as imagens com características distintas, a saber da resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. A utilização desses elementos depende do objetivo a ser analisado, podendo variar entre os satélites.

Neste sentido, através do SIG, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento

remoto constituem-se como fundamentais para a certificação do RenovaBio, uma vez que, através das imagens orbitais é possível averiguar as condições da vegetação, dentro do recorte temporal determinado pela certificadora, isto é, as análises das cenas nos anos de 2017 e 2022.

É importante destacar que as técnicas de sensoriamento remoto, no contexto atual das sociedades, são capazes de nos revelar inúmeros dados geográficos, objetivando a manutenção e preservação dos espaços naturais bem como o avanço econômico, seja agrícola – rural, seja industrial – urbano.

Diante do exposto, este trabalho possuiu como objetivo realizar a comparação de supressão vegetal entre os anos de 2017 e 2022, através das técnicas de sensoriamento remoto de forma a atender as especificações de elegibilidade das certificadoras ambientais. Para alcançarmos o objetivo geral, os objetivos específicos se fazem necessários, a saber: a) Determinar a resolução espacial e espectral aceitável das imagens de satélite para análise das certificadoras ambientais; b) classificar as imagens de satélite e determinar as classes para auxílio das análises das certificadoras; e c) validar a classificação das imagens de satélite através do levantamento realizado em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico pode ser compreendido como a porção indispensável nas reflexões acadêmicas, pois, “permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados (LAKATOS; MARCONI, 2003)”, isto é, não é uma simples repetição do que já foi realizado, mas um novo enfoque sobre o mesmo objeto de estudo.

2.1 O setor sucroenergético brasileiro

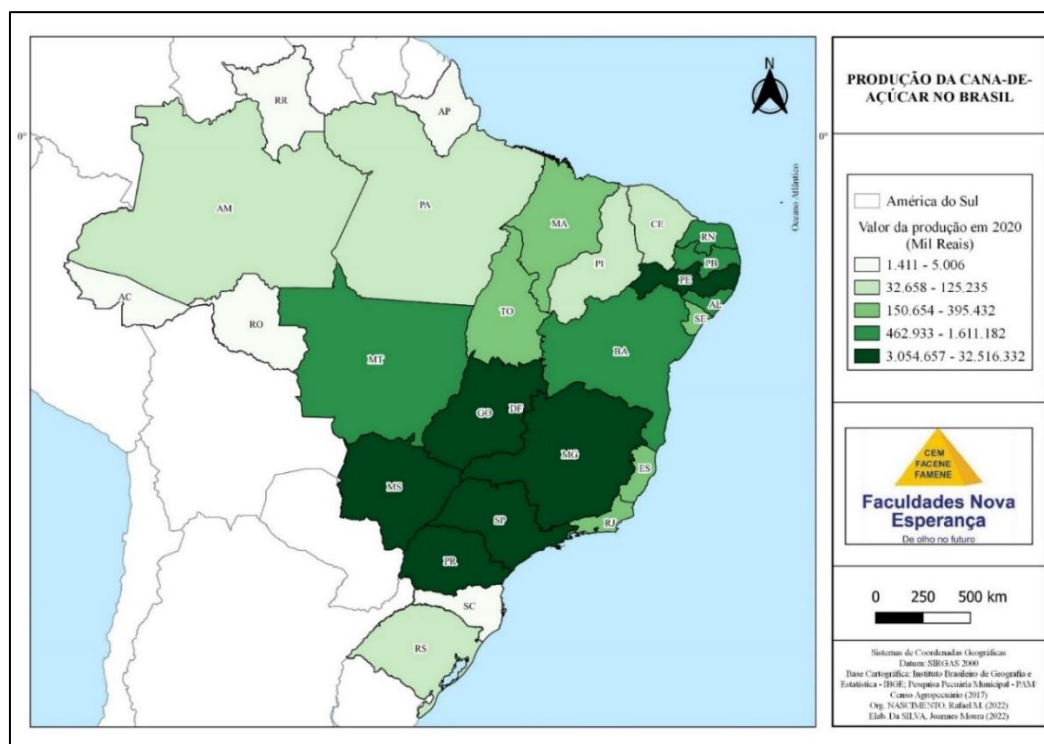
Em menos de um século o Brasil passou de um país essencialmente agrário para um dos maiores produtores de *commodities* do mundo. Isso pode ser explicado em parte por meio do processo de modernização das bases técnicas da agricultura e pecuária, que como resultado trouxe inúmeras mudanças substanciais tanto à produção agropecuária quanto na própria modernização do território. Dessa forma, partimos do pressuposto que as relações entre agricultura e ciência se tornaram cada vez mais complexas na medida em que os avanços tecnológicos em ambos os setores se intensificaram (ELIAS, 2018).

Os inúmeros avanços da ciência, tecnologia e informação permitiram que o tempo da natureza fosse substituído pelo tempo do homem, isto é, o aumento da produtividade conciliando com o menor custo por hectare. Como reflexo dessa dinâmica, o aperfeiçoamento da técnica assegurou a importância da produção sucroenergética no Produto Interno Bruto – PIB brasileiro, com participação expressiva no ano de 2019 de 21,4%, isto é, R\$ 1,55 trilhão, de acordo com os dados do último Censo Agropecuário (IBGE, 2020; CANAL AGRO, 2021).

É importante destacar que as atividades do setor sucroenergético compreende todas as atividades agrícolas e industriais relacionadas à produção de açúcar, bioetanol e bioeletricidade, dos quais decorrem de forma, quase exclusiva, do processamento da cana-de-açúcar. Além disso, esse setor também apresenta outras ramificações do processo industrial da cana-de-açúcar produzindo, como, por exemplo, a alimentação animal e transformação de aguardente (NASTARI, 2012)

A produção agrícola no Brasil, de acordo com o IBGE (2020), teve como maior valor de produção a cultura da soja com R\$169.100,228 (mil reais), porém foi a produção canavieira que garantiu a maior quantidade produzida naquele ano, com 757.116.855 toneladas com rendimento médio de 75.604 Kg/ha, sendo o estado de São Paulo o maior produtor do país (mapa 01).

Mapa 01 - Produção da cana-de-açúcar no Brasil, 2020



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

Sendo o setor que mais produziu em 2020, de acordo com o IBGE a produção sucroenergética possui 414 usinas de açúcar e etanol, atualmente, cadastradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em abril de 2012, 11 produziram açúcar (73% na região Nordeste), 103 produziram etanol (82% na região Centro-Sul) e as 300 restantes são mistas, isto é, produzem açúcar e/ou etanol (CASTILLO, 2015).

Tendo em vista o aumento da produção e derivados do processo industrial da cana-de-açúcar, a preocupação com o setor ambiental se tornou mais evidente, logo, torna-se indispensável o monitoramento e planejamento dos recursos naturais. A partir dessas preocupações, as certificadoras desempenham um papel fundamental para o controle e preservação junto aos órgãos ambientais competentes dos recursos naturais finitos no Brasil.

2.2 As certificações ambientais: o RenovaBio

É importante entender a seriedade das certificações para o agronegócio, sobretudo a participação estratégica da certificação do RenovaBio, foco do trabalho, mas antes se faz necessário compreender o conceito de certificação.

Em linhas gerais, a certificação é a modalidade de avaliação da conformidade com os requisitos pré-estabelecidas pelas certificadoras e consiste na atestação dos produtos, processos, sistemas ou pessoas com base nos procedimentos de Avaliação da Conformidade no Brasil. As empresas, de forma geral, buscam a certificação de conformidade visando a melhoria contínua da qualidade dos seus produtos, processos e serviços, beneficiando-se com o aumento da produtividade e da competitividade (INMETRO, s.d).

Para os consumidores, a certificação pode ser um indicador de que o produto, processo ou serviço atende aos padrões mínimos de qualidade ambiental, ou sustentabilidade, uma vez que, a certificação ambiental de sistemas de produção pode contribuir para a melhoria na relação com o meio ambiente e a sociedade (BORGES, 2017). Desta forma, a certificação de um empreendimento agrícola poderá resultar em maior competitividade e acesso aos mercados externos, na medida em que as exigências por uma produção limpa e sustentável ficam cada vez mais intensas, o que permite maior valor agregado aos produtos, além de impactar positivamente toda a cadeia de produção brasileira.

Com essas novas exigências que norteiam a produção agrícola nacional, é possível produzir mais e com menor impacto ambiental. A participação das certificações agrícolas desempenha papéis fundamentais neste aspecto. As certificações, selos verdes mais conhecidas no setor sucroenergético brasileiro são o BonSucro, o RenovaBio e o Etanol Mais

Verde, que estão em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU), abordando as questões de sustentabilidade no agronegócio, como UTZ, IBD e Rainforest Alliance (BORGES, 2017).

Além disso, os programas internacionais previstos em vários documentos oficiais, como a Agenda 2030 idealizada pela ONU (2015) e o programa da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE para o desenvolvimento sustentável trazem diretrizes, metas e objetivos para o agronegócio, no qual o estado brasileiro pretende aderir nos próximos anos. Ainda de acordo com essas entidades, é necessário melhorar a eficiência na utilização dos recursos naturais na produção agrícola, bem como o manejo da terra e da água e a minimização de emissão de poluentes para alcançar a segurança alimentar global e reduzir os danos à biodiversidade (OECD, 2017).

Diante desta perspectiva, a produção sustentável de alimentos se torna essencial para que se alcance a segurança alimentar e a conservação ambiental. O desenvolvimento sustentável que consiste em satisfazer as necessidades da geração presente, sem comprometer as possibilidades das futuras gerações (CMMAD, 1987), envolve o gerenciamento dos recursos naturais, financeiros, tecnológicos e institucionais de modo a garantir a contínua satisfação das necessidades humanas a curto, médio e longo prazo.

Para uma atividade ser sustentável deve contemplar as três dimensões da sustentabilidade e, portanto, ser ambientalmente suportável, socialmente equipável e economicamente viável, logo, as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica e social se faz presente.

O modo de produção deve ser harmonizado com a cultura local e hábitos da população e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida. Ambientalmente, os projetos devem ser desenvolvidos para terem harmonia com a natureza, conservando a biodiversidade e os ecossistemas do entorno. É importante incluir na avaliação, as dimensões de manutenção da capacidade de suporte dos ecossistemas, a conservação da qualidade do ambiente e as dimensões socioculturais, econômicas e institucionais (VALENTI *et al.*, 2011).

Para avaliar o quanto a atividade é sustentável pode-se utilizar metodologias dos indicadores socioambientais. Estes são variáveis que refletem as características do sistema analisado e a sua construção é essencial no estabelecimento do método de avaliação. Os indicadores de sustentabilidade precisam apresentar relevância política, validade ou eficiência analítica, mensurabilidade e nível de agregação (OCDE, 1999).

De acordo com a OCDE, os critérios de relevância política devem ser levados em consideração, pois são divididos nos itens solos, água, ar, natureza, financiamento rural e

sociocultural, sendo assim os indicadores devem ser desenvolvidos a partir de dados históricos nacionais ou regionais, que permitem evidenciar os efeitos ambientais ao longo do tempo. O nível de agregação dos indicadores determina o nível de alcance, como propriedade setorial, regional ou nacional, para ser aplicado em políticas públicas (KIMPARA *et al.*, 2012).

Muitos trabalhos têm sido relatados sobre a sustentabilidade na agricultura e as formas de se avaliar seguindo a metodologia dos indicadores (FERNANDES; WOODHOUSE, 2008). Outras atividades agropecuárias também utilizam os indicadores como forma de avaliar seus sistemas de produção como, por exemplo, na aquicultura (VALENTI, 2008; VALENTI *et al.*, 2011, 2018).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE vem desenvolvendo indicadores de desenvolvimento sustentável conforme as orientações das organizações internacionais e adaptando-os para a realidade brasileira no que se refere às dimensões ambientais e institucionais.

Para o eixo (a) metas, o Comitê do RenovaBio disponibiliza as Notas Técnicas, as informações sobre a evolução histórica do índice de intensidade de carbono da matriz brasileira de combustíveis e os arquivos do modelo econômico utilizado para as propostas de definição das metas do RenovaBio (BRASIL, 2017).

Já o eixo (b) certificação, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP exerce um papel fundamental no RenovaBio, sendo responsável pelo processo de certificação da produção e importação de biocombustíveis, pela individualização das metas nacionais de descarbonização para os distribuidores de combustíveis e a checagem do seu cumprimento e pela Plataforma CBIO¹ (BRASIL, 2017).

O eixo (c) compreende o Crédito de Descarbonização – CBIO, que dá suporte ao maior programa de descarbonização do mundo e que oferece alternativas para produção de baixo carbono, exigências atuais do modelo de produção mundial, isso porque um CBIO equivale a uma tonelada de emissões evitadas, o que representa sete árvores em termos de captura de carbono. Até 2030 serão compensadas emissões de gases causadores de efeito estufa que correspondem à plantação de 5 bilhões de árvores, ou seja, todas as árvores existentes na Dinamarca, Irlanda, Bélgica, Países Baixos e Reino Unido juntas (BRASIL, 2017).

No Brasil a Portaria nº 122, 23 de março de 2020, do Ministério de Minas e Energia,

¹ O Crédito de Descarbonização – CBIO, é um Sistema informatizado desenvolvido junto ao Serviço Federal de Processamento de Dados – SERPRO, para garantir o lastro do Crédito de Descarbonização.

regulamenta a emissão, escrituração, registro, negociação e a aposentadoria do CBIO, que é comercializado pela Bolsa de Valores Oficial do Brasil – B3 S.A. desde junho de 2020 (BRASIL, 2020). Aliando-se a esses recursos, na Plataforma Renovar é possível acompanhar e monitorar todos os critérios de elegibilidade para a homologação no Programa RenovaBio, considerando o desempenho ambiental da produção de biocombustíveis realizando o detalhamento dos aspectos agrícolas e industriais dos processos produtivos que resultam na emissão de carbono, relacionando eficiência energética e emissão de gases de efeito estufa.

Dentro dos processos de homologação do RenovaBio, existem os critérios de elegibilidade que são classificados com base nas seguintes regras: toda produção certificada deve ser oriunda de área sem desmatamento após a data de promulgação da lei do RenovaBio (26 de dezembro de 2017), toda a área deve estar em conformidade com o Código Florestal por meio da regularização do Cadastro Ambiental Rural – CAR, este deve apresentar status ativo, pendente e/ou aguardando informação. Por fim, as áreas de produção de cana e palma devem estar em conformidade com os zoneamentos agroecológicos da cana-de-açúcar e da palma-de-óleo, definidos pelos Decretos Federais 6.961 e 7.172, respectivamente (BRASIL, 1908; 2009).

Para atender as metas e objetivos do RenovaBio, as análises espaciais por meio das técnicas de sensoriamento remoto se tornaram indispensáveis, isto é, para capturar a energia eletromagnética e sua interação com a vegetação, o solo e a água, alvos principais que compõem uma cena imageada, o sensoriamento remoto é a principal técnica utilizadas pelas certificadoras, especialmente o RenovaBio, que através das imagens comparativas atesta a validação das informações apresentadas pelo setor sucroenergético. Desse modo, dedicamos o tópico a seguir à discussão das análises espaciais e a utilização dos satélites que permitem as investigações necessárias para o trabalho.

2.3 Sensoriamento remoto: análise espacial do uso e cobertura do solo

Introduzido a partir de 1960, o termo sensoriamento remoto ampliou as análises advindas das fotografias aéreas e com os avanços tecnológicos, se tornou uma ferramenta indispensável para o monitoramento e planejamento do uso e cobertura do solo.

De acordo com Novo (1999), sensoriamento remoto é compreendido como um conjunto de técnicas que objetiva adquirir informações sobre um determinado alvo sem que um sensor tenha contato físico com o objetivo analisado, como resultado tem-se as “[...]”

informações sobre o objeto [...] derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais (DAINESE, 2001)”.

A aquisição dessas informações apenas é possível devido aos sensores acoplados aos satélites compreendendo assim aos sistemas ópticos-eletrônicos capazes de registrar o fluxo de energia radiante refletida ou emitida pelos objetos naturais ou artificiais da superfície sob a forma de imagens, Dainese (2001, p. 12) melhor explica:

A energia refletida ou emitida por um determinado objeto na superfície é registrada pelos sensores que operam em certas faixas espectrais do espectro eletromagnético, como a região do visível, do infravermelho próximo, médio e distante, etc. Estes sensores podem registrar estas informações em condições de campo, aerotransportados ou colocados em plataformas orbitais. Os sensores orbitais permitem realizar um imageamento sinóptico (visão ampla da área imageada) e periódico. Além disso, a energia refletida ou emitida pelo alvo, pode ser gravada em diferentes faixas espectrais, permitindo assim, fazer uma análise do comportamento espectral em diferentes bandas do espectro eletromagnético.

É importante registrar que além das análises espectrais derivadas das técnicas do sensoriamento remoto, as análises temporais se tornaram possíveis devido à periodicidade “[...] da coleta de informações de alvos na superfície terrestre, através dos sensores orbitais [...] (DAINESE, 2001, p.12)”, que auxiliam significativamente no monitoramento e planejamento da preservação dos recursos naturais renováveis e não renováveis.

2.3.1 Projeto Land Remote Sensing Satellite – Landsat

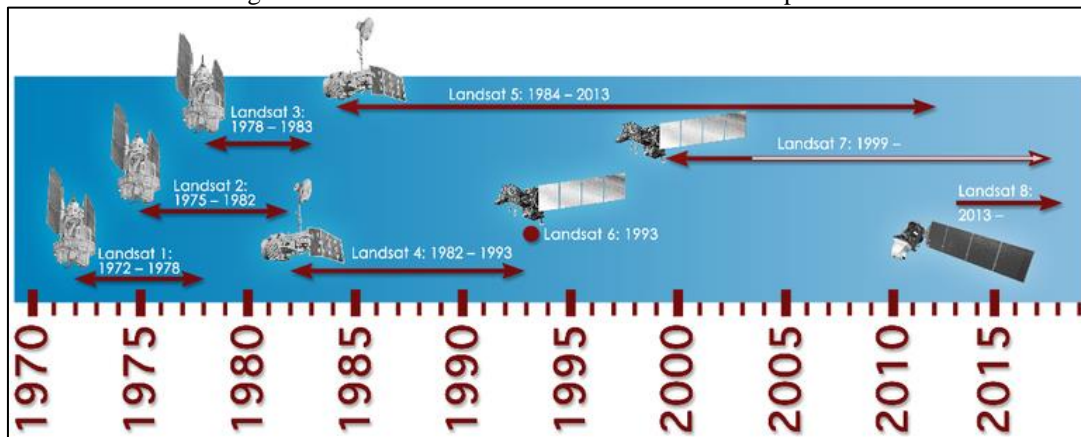
Com surgimento na segunda metade da década de 1960, o projeto *Land Remote Sensing Satellite – Landsat* foi desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço – NASA, com dedicação exclusiva à observação dos recursos naturais terrestres, inicialmente sob o nome de *Earth Resources Technology Satellite – ERTS*, que mais tarde em 1975 passou a ser *Landsat*. As principais características desse satélite foram as câmeras RBV e MSS, que durante cinco anos disponibilizou mais 300.000 imagens, com repetidas coberturas da superfície terrestre (EMBRAPA, s.d).

Atualmente, a crescente necessidade por melhores resoluções espaciais e menor tempo de revisita contribuíram para a composição da série *Landsat*, totalizando 9 lançamentos. O mais recente, o *Landsat 9*, lançado em 27 de setembro de 2021, chegará à família de satélites para continuar gerando imagens que ajudarão a gerenciar os incêndios florestais, os recursos

hídricos e as rápidas mudanças climáticas. Além disso, o programa auxiliará tanto as decisões políticas quanto científicas, objetivando a manutenção dos recursos naturais por meio das análises comparativas do acervo *Landsat* dos seus quase 50 anos (INPE, 2022)

A figura 01 abaixo, mostra a série *Landsat* ao longo dos anos, com exceção do *Landsat 9*.

Figura 01 - Satélites da série Landsat de 1970 até o presente



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat> acesso em 01/05/2022

Para o trabalho foi utilizado as imagens do satélite *Landsat 8*. Sua escolha não é aleatória, ela se faz imprescindível uma vez que a política de descarbonização foi implementada no ano de 2017, na qual o satélite já se encontrava em órbita. Abaixo, o quadro 01 traz as informações referentes às principais características do satélite.

Quadro 01 - Principais características das bandas do *Landsat 8*.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) AZUL COSTEIRO	0.43 - 0.45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0.45 - 0.51 μm				
	(B3) VERDE	0.53 - 0.59 μm				
	(B4) VERMELHO	0.64 - 0.67 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.85 - 0.88 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.57 - 1.65 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.11 - 2.29 μm				
	(B8) PANCROMÁTICA	0.50 - 0.68 μm	15 m			
	(B9) CIRRUS	1.36-1.38 μm	30 m			
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) INFRAVERMELHO TERMAL	10.6-11.19 μm	100 m			
	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL	11.5-12.51 μm	100 m			

Fonte: EngeSat. Disponível em < <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>> acesso em 01/05/2022

2.3.2 Projeto Copernicus

Criado com o objetivo de fornecer serviços com base em dados de satélite e *in-situ*, isto é, coletado em campo, o projeto Copernicus disponibiliza imagens que auxiliam na observação do estado do planeta Terra, através das missões Sentinel, coordenadas pela Agência Espacial Europeia – ESA (ESA, 2022).

Cada missão chamada de Sentinel se concentra em um aspecto natural da observação do planeta, seja a atmosfera, os oceanos e/ou cobertura terrestre. Como resultado, as imagens geradas trazem informações de previsões meteorológicas, monitoramento da atmosfera além das observações do uso e da cobertura do solo, foco das investigações das certificadoras ambientais (ESA, 2022). No quadro 02 abaixo, são apresentadas as especificidades da missão Sentinel 2.

Quadro 02 - Especificidades da missão Sentinel 2

Resolução	Nr da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nanômetro)	Combinações de Bandas
10 m	B02	Blue (Azul)	490	Cor Verdadeira RGB 04/03/02 Falsa Cor 1 e 2 RGB 08/04/03 e 04/08/03
	B03	Green (Verde)	560	
	B04	Red (Vermelho)	665	
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842	
20 m	B05	Red Edge 1	705	SWIR 1 RGB 12/11/8A
	B06	Red Edge 2	740	
	B07	Red Edge 3	783	
	B08A	Red Edge 4	865	
	B11	SWIR 1	1610	
	B12	SWIR 2	2190	
60 m	B01	Aerossol	443	-
	B09	Water Vapor	940	
	B10	Cirrus	1375	

Fonte: EngeSat. Disponível em < <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-2/>> acesso em 01/05/2022

2.4 Sistemas de Informações Geográficas – SIG

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias para fins de coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações espaciais. Neste conjunto encontram-se os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, este, definido como um sistema espacial que cria, gerencia, analisa e mapeia todos os tipos de dados, seja do tipo vetorial, seja do tipo matricial (SILVA *et. al*, 2013).

São nos SIG que utilizamos as técnicas de geoprocessamento, esta compreendida como “[...] técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação sobre fenômenos geograficamente identificados (MEDEIROS, 1996; CÂMARA, 2001; DAINESE, 2001, p. 45)”, isto é, por se tratar de um SIG, o geoprocessamento está intimamente relacionado com a coleta, a entrada, o armazenamento, o tratamento e processamento de dados a fim de produzir novas informações espaciais georreferenciadas, uma vez que, a característica principal é o atributo da localização, ou seja, estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por um par de coordenadas, representadas pela latitude (x) e longitudes (y) (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

Portanto, ressalta-se que o SIG não é um *software*, mas sim um sistema complexo decorrente de uma estrutura formada por pessoas, empresas e/ou instituições, somadas a técnicas e métodos que se operacionalizam através de rotinas e ferramentas programadas em *softwares* (gratuitos ou comerciais) e que ganham funcionalidade através de equipamentos de *hardwares* diversos. Em síntese, os *softwares* são partes componentes dos SIG, sendo uma das áreas de atuação do geoprocessamento.

De acordo com Dainese (2001, p. 46):

O Geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional. Esta transferência é feita sobre bases cartográficas, através de um sistema de referência apropriado. Estes conceitos são importantes para o usuário que pretende trabalhar com esta tecnologia.

Portanto, com o geoprocessamento se é capaz de mostrar a localização, a extensão e os relacionamentos espaciais e temporais das entidades representadas em sua base de dados, mostrando em consequência a geografia da região considerada, descrevendo uma porção da superfície terrestre e permitindo sua análise para diversos fins, o que nos permite inferir que o adjetivo geográfico deve ser relativo ao sistema e não à informação, haja vista que o conhecimento sobre a realidade territorial analisada contribui para as estratégias e planejamentos ligadas às questões do espaço físico geográfico através dos produtos gerados pelo SIG, seja na área ambiental seja na área agrícola e/ou social (MIRANDA, 2005).

3 METODOLOGIA

Este estudo tem como guia o uso das imagens orbitais da cobertura vegetal, portanto, caracterizando uma pesquisa de caráter qualitativa, tendo como material de análise a vasta literatura disponível em periódicos e bibliotecas virtuais das universidades públicas. Aliando-se com as discussões teóricas, temos os instrumentos para análise topográfica em campo, que auxilia no monitoramento da identificação da supressão vegetal para fins de acompanhamento do processo da certificação ambiental.

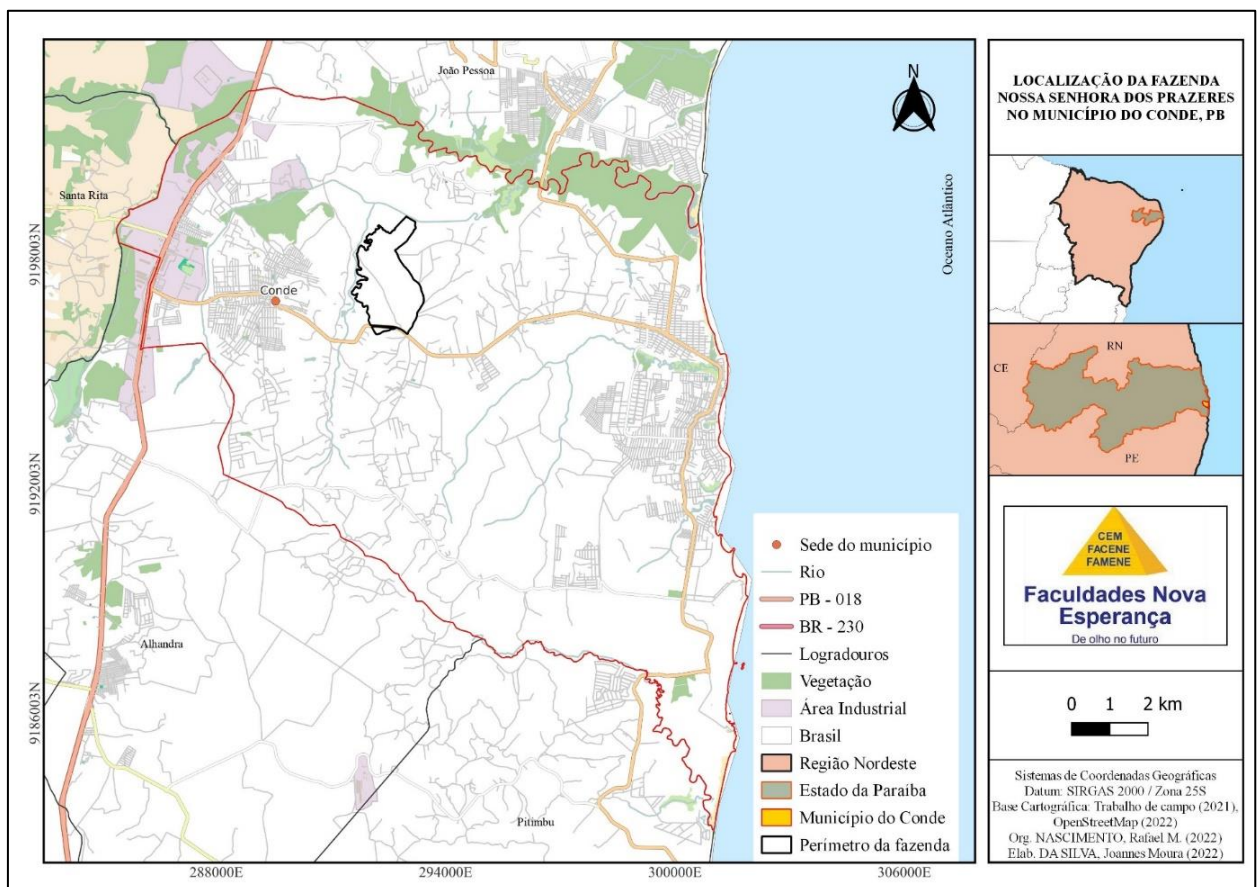
Portanto, a pesquisa foi dividida em três partes, a saber: a) seleção das imagens de satélite, b) tratamento dos dados orbitais e, c) classificação digital das imagens de satélite. A primeira parte, realizamos as seleções das imagens de satélite dos anos de 2017 (julho) e 2022 (março) com menor concentração de nuvens e melhor resolução espacial, tendo como objetivo as análises comparativas, de acordo com o RenovaBio. No segundo momento, foi realizado o

processamento digital dos dados orbitais por meio do SIG Qgis. Essa etapa é de extrema importância, pois envolve técnicas de geoprocessamento avançado para tratamento dos dados *raster* por meio das bandas espectrais dos satélites. Por fim, a última etapa apresenta o produto a ser apreciado pela certificadora e validado por meio das técnicas em campo. É nesta etapa que foi realizado a composição colorida com a finalidade da identificação da vegetal, essa composição tende a mudar com base no satélite utilizado. Para as imagens do satélite *Landsat 8*, utilizamos a composição R6G5B4 e para o satélite *Sentinel 2A* R4G3B2.

3.1 Área de estudo

Á área escolhida para as análises de identificação da supressão vegetal foi realizado na fazenda Nossa Senhora dos Prazeres, pertencente ao Grupo Olho D'água, unidade Giasa (PB). Localizada no município do Conde (PB) (mapa 02).

Mapa 02 - Localização da área de estudo.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

A fazenda Nossa Senhora dos Prazeres possui 371,65 hectares, sendo 208,73

agricultável (56,16%). O uso e ocupação do solo nesta fazenda se encontra definido da seguinte forma: de topografia plana e colheita predominantemente manual, além do cultivo da cana-de-açúcar, a fazenda possui em seu perímetro 87,79 ha de vegetação, incluindo áreas de preservação permanente, ou seja, 23,62%, além de pequenas áreas de bambu (2,2 ha) e 30,43ha de neossolo quartzarênico. Esses elementos dinamizam com o clima do tipo Tropical Úmido com o verão quente e úmido, com temperaturas elevadas durante o ano que variam entre 25 e 31 graus *celsius*.

Por fim, além da metodologia de pesquisa adotada, se faz de extrema importância a compreensão dos principais conceitos que norteiam nosso trabalho e subsidiam as reflexões, portanto, dedica-se o tópico adiante à essas reflexões.

3.2 Equipamentos, *softwares* e banco de dados geográficos

Em se tratando do mapeamento do uso e cobertura do solo e elaboração das análises espaciais da área de estudo, utilizamos os seguintes métodos e materiais: a) levantamento topográfico em campo para identificação dos elementos que compõem a fazenda com apoio do Receptor *GNSS Hiper +* (Figura 02), o qual permitiu realizar o posicionamento via satélite e obter coordenadas geográficas com precisão na ordem de centímetros por meio do método de posicionamento estático. Os dados coletados em campo foram processados por meio do *PCCDU*, *software* de transferência de dados do Receptor *GNSS Hiper+* para o *desktop* e do *Topcon Tools 8.2.3* para geração de relatório.

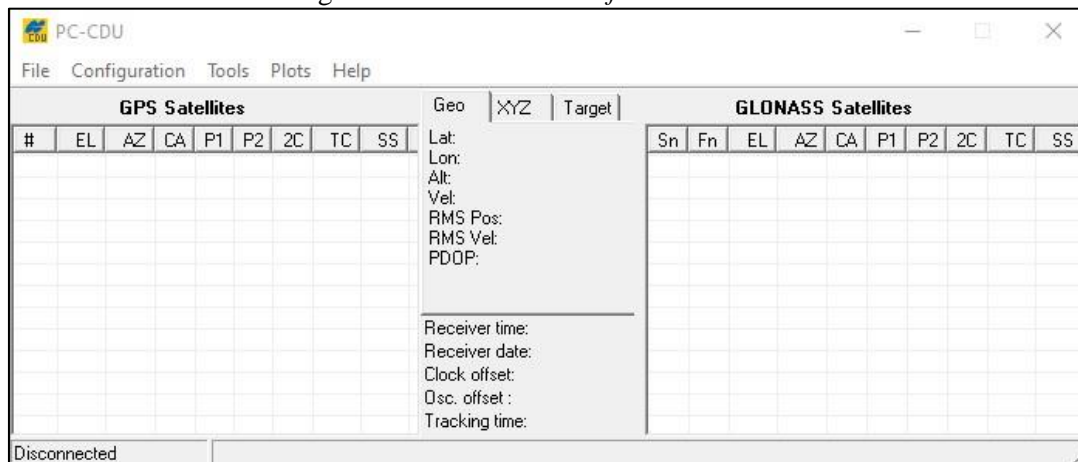
Figura 02 - Receptor *GNSS Hiper +*.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

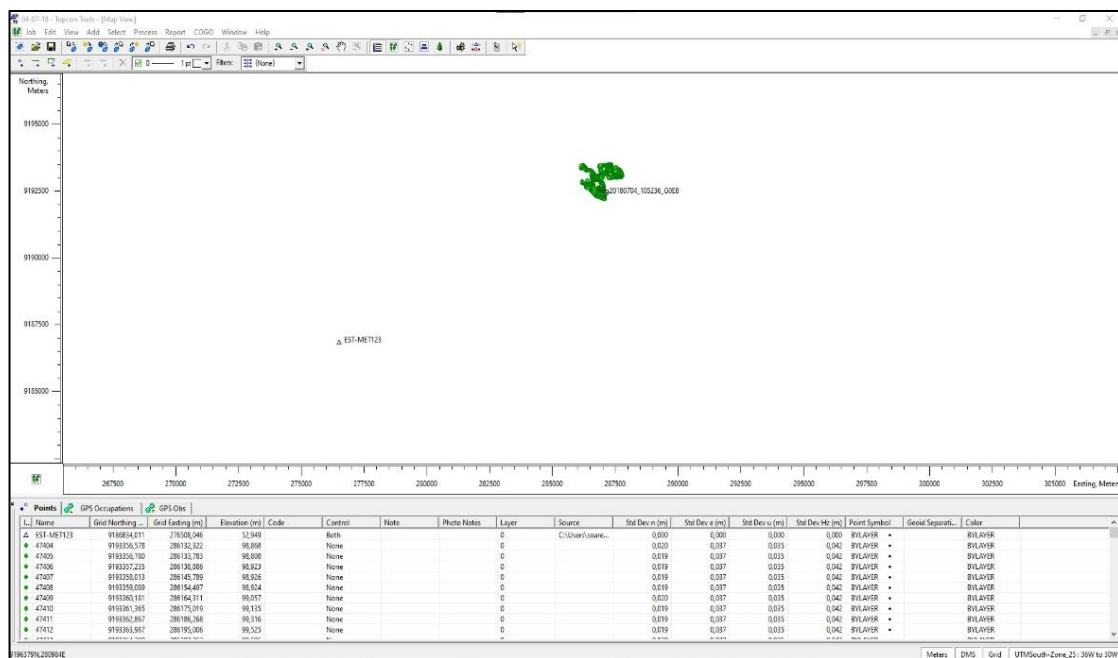
Após processamento dos dados e elaboração da lista de pontos pelo Topcon Tools 8.2.3 (Figura 03 e 04), soma-se a este software, o *AutoCad Civil 3D 2021* na confecção das plantas topográficas e conversão do produto gerado na extensão do tipo *Drawing Interchange Format – DXF* e/ou *DraWinG – DWG* para *Shapefile – SHP*, extensão dos dados utilizados nos softwares de SIG.

Figura 03 - Interface do Software PCCDU.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

Figura 04 - Interface do Software Topcon Tools.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

Quanto a geração dos mapas temáticos através da aplicação das ferramentas de geoprocessamento foi utilizada o SIG Open Source Qgis 3.20 LTR. Quanto aos dados *raster*, foco de nossas análises comparativas, foi escolhida a imagem no formato digital do LandSat

8/OLI, disponível no portal *United States Geological Survey* – USGS, com as bandas multiespectrais 6,5 e 4, com data de aquisição de 04/05/2017, como 41,63% de nuvens, processada em 04/09/2020. Já para o Sentinel 2A, foram obtidas as bandas no site da Copernicus - *European Space Agency* – ESA, com os seguintes metadados: órbita 9, direção desce, bandas multiespectrais, 11-8-4, adquirida em 16/02/2022.

3.3 Especificidades das bandas orbitais *Landsat 8* e *Sentinel 2A*

Acredita-se ser de relevância a descrição das bandas orbitais utilizadas em nosso trabalho. Quanto a escolha das bandas do satélite *Landsat 8*, acrescenta-se que as imagens são ortorretificadas e as cenas geradas são em formato *GeoTIFF*. Somando-se a isso, o horário de imageamento desde satélite ocorre diariamente às 10h sob órbita circular desce com 98,2° de inclinação. Utiliza-se as três bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros. As 11 bandas, estão descritas da seguinte maneira: pancromático P&B: Banda 8; Multiespectral: Bandas 1-7 e 9; e Termal: bandas 10-11. A composição colorida utilizada nesse estudo foi R6G5B4, sendo a banda 6 da faixa do infravermelho médio, a banda 5 infravermelho próximo e por fim a banda 4, correspondente ao vermelho.

Para o satélite da missão *Sentinel 2A*, que possui correção atmosférica (absorção e distorção), o tempo de revista são de cinco dias com órbita circular desce de 98,5623° de inclinação, com altitude de 786 Km, tendo horário de imageamento às 10h30. As bandas acopladas ao sensor estão assim definidas: 4 bandas no visível e no infravermelho (resolução espacial de 10 m), 6 bandas no “*red edge*” e no infravermelho de ondas curtas (resolução espacial de 20 m) e 3 bandas para correções atmosféricas (resolução espacial de 60 m).

Para as bandas *Sentinel 2A* utilizamos as bandas multiespectrais R11G8B4, sendo a banda 11 correspondente ao SWIR 1, a banda 8 responsável por imagens no infravermelho próximo e a banda 4 referente ao vermelho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação e mapeamento do uso e ocupação do solo para validação do RenovaBio

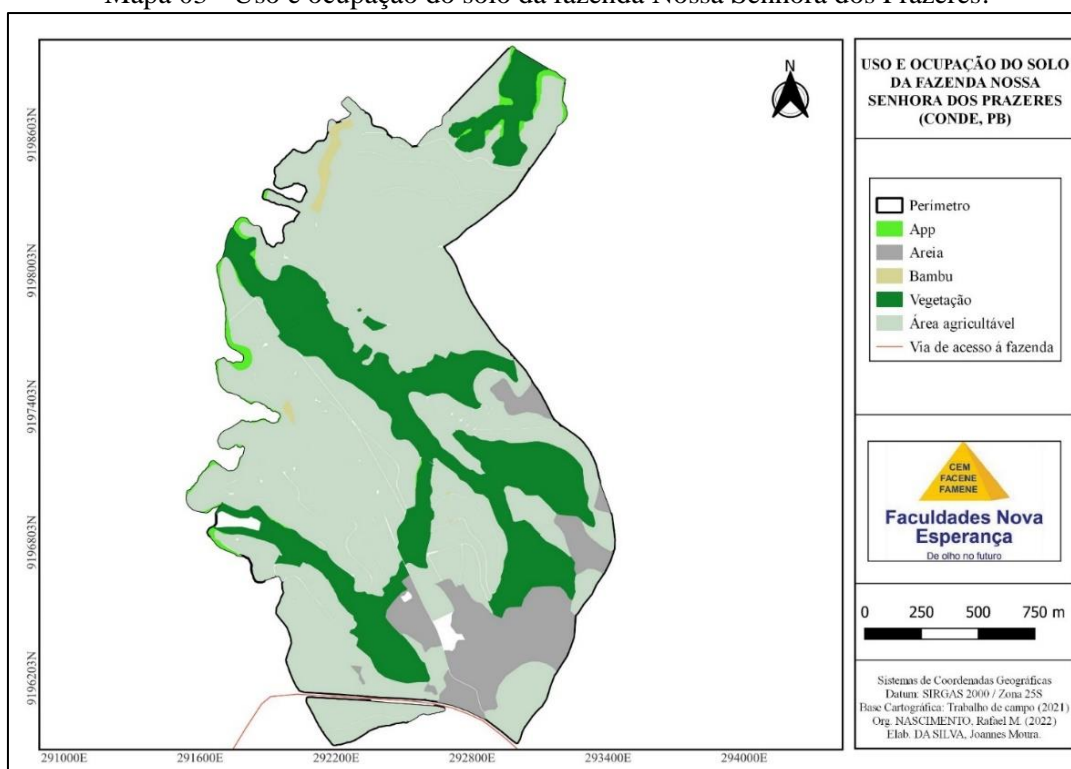
Nesta etapa da pesquisa, realiza-se o levantamento em campo com o Receptor *GNSS Hiper* + para mapeamento do uso e cobertura do solo, etapa esta que auxiliou nas análises do uso atual da fazenda estudada.

Após o levantamento, os dados coletados em campo foram tratados e identificado a

área agricultável, composta pela cultura da cana-de-açúcar, a vegetação presente na fazenda assim como as áreas de APP, bambu e neossolo quartzarênico. Portanto, o objetivo foi identificar os usos de maneira geral e os locais de cultivo, para assim, monitorar os prováveis impactos ambientais, foco de nossas reflexões.

As técnicas de geoprocessamento, quando bem executadas, fornecem informações precisas e servem como base para planejamento e monitoramento futuro. O processamento dos dados que compõem o banco de dados da fazenda forneceu informações importantes quanto o uso atual e as atividades agrícolas presentes (mapa 03).

Mapa 03 - Uso e ocupação do solo da fazenda Nossa Senhora dos Prazeres.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

Aliado ao mapa de uso e ocupação, foi utilizado as técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e o SIG, aplicadas no mapeamento da análise comparativa de verificação da supressão vegetal. Ressalta-se que essas técnicas desempenham papel fundamental na compreensão das mudanças atuais e futuras da paisagem.

4.2 Análise de comparativa de supressão vegetal das imagens de satélite LandSat 8 e Sentinel 2A entre os anos 2017 e 2021

Sendo de extremo valor para a conservação do solo e a preservação dos recursos

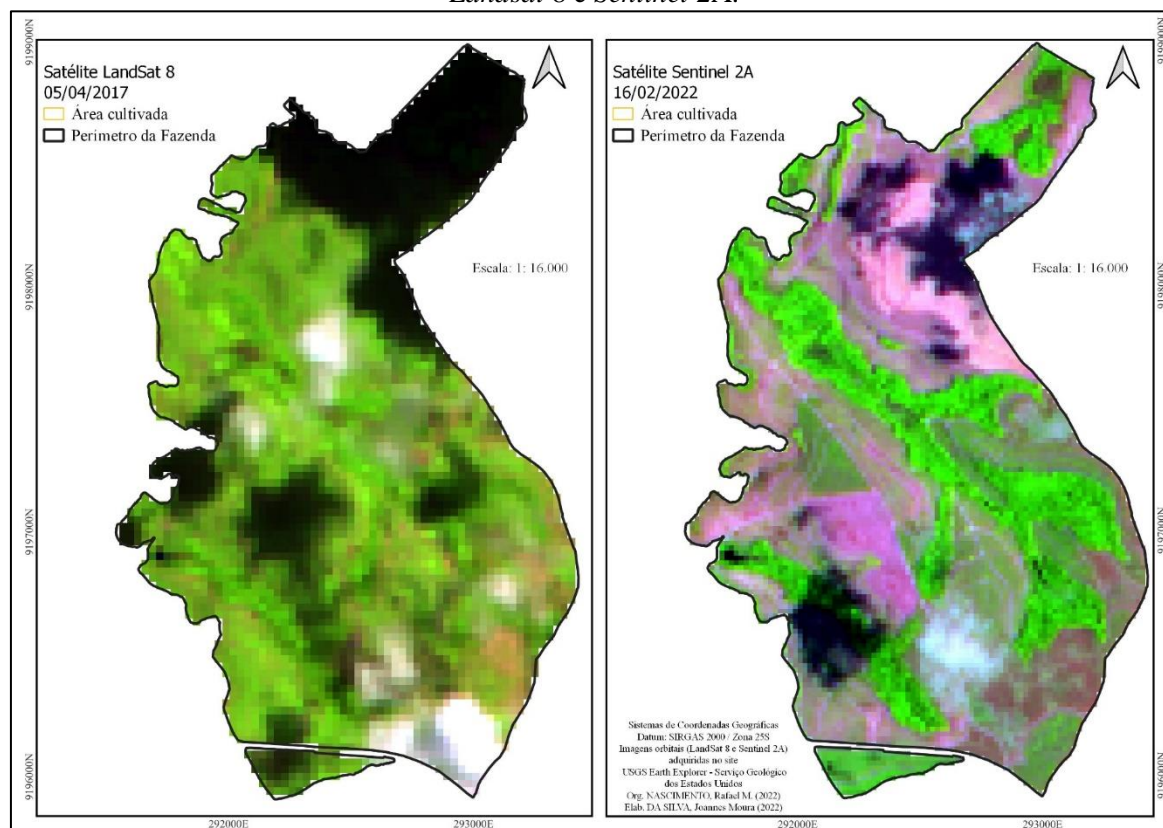
hídricos, a vegetação funciona, principalmente, segundo os especialistas como corredores para os animais e plantas, interligando os diversos fragmentos de vegetação natural. É válido ressaltar também que a vegetação é importante para áreas interurbanas, pois serve de refúgio tanto para os moradores, quanto para os animais urbanos.

Entretanto, pode inferir que na preservação da vegetação, o desmatamento se tornou um grande gargalo, prejudicando a conservação dos solos por meio da sua exposição, perda da estrutura superficial concedido pelas raízes, “[...] além do aumento da infiltração e exposição de erosão que pode evoluir para o deslizamento das encostas (CERQUEIRA *et al*, 2021). Somando-se a isso, têm-se o aumento da intensidade dos ventos, diminuição dos ruídos, além do aumento da temperatura e diminuição da umidade.

Portanto, a conservação da vegetação, seja em espaço urbano seja em espaço rural, é imprescindível para a manutenção da vida humana, vegetal e animal. Desta forma, as investigações a respeito da conservação e monitoramento da vegetação são válidas.

Em se tratando da área de estudo, ao observar o mapa de comparação de supressão vegetal (mapa 04), pode-se inicialmente identificar em ambos os satélites o realce que a vegetação ganha na combinação RGB para este fim. Isso significa que a metodologia utilizada nos permite a identificação do objeto aqui analisado.

Mapa 04 - Análise comparativa para verificação de supressão vegetal por meio das imagens orbitais *Landsat 8* e *Sentinel 2A*.



Fonte: produção do pesquisador, 2022.

Quando comparadas as imagens *LandSat 8* com a *Sentinel 2A*, observa-se que a resolução de 30 metros para o *LandSat 8* dificulta as investigações assertivas, nesse momento, é indispensável dados orbitais com melhores resoluções espaciais para assim, melhor identificar os objetos que compõem a área de interesse. Ressalta-se ainda que, devido a essa limitação apresentada pelos dados orbitais, ocorreu a necessidade de averiguação *in loco* das condições da vegetação, tendo em vista que esta necessidade não pode ser totalmente atendida pelo sensoriamento remoto em virtude da resolução espacial das imagens orbitais.

A despeito dessa validação, foi constatado *in loco* um aumento da preservação da vegetação nativa em 2022 de 6,72% (87,79 ha) em comparação ao ano de 2017 (82,26 ha²). Os demais usos e ocupação do solo não se alteraram significativamente. Dessa maneira, pode-se afirmar que tanto as técnicas de sensoriamento remoto quanto as práticas em campo, se constituem como partes interligadas às análises do processo de elegibilidade para certificação *RenovaBio*, que funcionam tanto no controle quanto na preservação dos recursos naturais, em nosso caso, das averiguações da supressão vegetal.

² Informação repassada pelo administrador da fazenda em pesquisa de campo realizada em 20/05/2022. A pesquisa em campo teve o objetivo de validar os dados de vegetação obtidos por meio do sensoriamento remoto.

No que se refere as imagens do *Sentinel 2A*, é possível diferenciar a vegetação da área cultivada, isso porque, as imagens *Sentinel 2^a*, possuem resolução espacial de 10 metros. dessa maneira, podemos compreender que as imagens do *Sentinel 2A* são mais adequadas para este fim, uma vez que sua resolução espacial e temporal permite estudos semanais para averiguação da cobertura da terra, sendo, portanto, utilizado pelas certificadoras ambientais, neste caso o RenovaBio.

Destaca-se ainda que as análises comparativas para averiguação da vegetação se fazem necessária em virtude da cultura da cana-de-açúcar no litoral nordestino se expandir cada vez mais, objetivando atender as demandas do setor sucroenergético nordestino. Fato este que coloca em xeque as questões ambientais, daí a importância do monitoramento para certificação do RenovaBio, pois as certificações verdes auxiliam tanto na preservação quanto nas ações de sustentabilidade, ofertando um ambiente de manejo adequado à cultura da cana-de-açúcar.

5 CONCLUSÃO

As investigações aqui realizadas para identificação da supressão vegetal entre os anos de 2017 e 2022, construídas por levantamento em campo, *software livre* e análise das imagens de satélite se apresentaram como essenciais para a validação das informações apresentadas às certificadoras ambientais, em especial o RenovaBio. Isso porque as informações contidas nas imagens oferecem o direcionamento das ações a serem tomadas pelas certificadoras e, sobretudo, pelos produtores de cana-de-açúcar, uma vez que possuir certificação verde é salutar para o setor sucroenergético.

Somando-se isso, a utilização das técnicas de sensoriamento remoto se apresentou como essencial para as análises das condições da vegetação, auxiliando as certificadoras ambientais, pois foi possível averiguar por meio dos dados orbitais as mudanças tanto na composição da vegetação quanto da área de ocupação mesmo que de forma incipiente.

Por fim, ressalta-se a disponibilização das imagens orbitais de acesso gratuito, que apesar da presença das nuvens, que pode dificultar as observações por meio das técnicas de sensoriamento remoto, daí a importância da validação em campo. As boas técnicas de processamento digital de imagens resultaram na identificação da vegetação e área cultivada e pode contribuir futuramente para o monitoramento e planejamento, seja na área urbana, seja na área rural.

REFERÊNCIAS

CANAL AGRO. A importância do agronegócio no Brasil. 2021 Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/a-importancia-do-agronegocio-no-brasil/> . Acesso em 15/05/2022.

BRASIL. Decreto Nº 6.961, de 17 de setembro 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/9/2009, Página 1.

BRASIL. Decreto Nº 7.172 de 12 de novembro de 1908. Manda executar o Accordo firmado em Roma para o fim de ser estabelecida em Paris uma Repartição Internacional de Hygiene Publica. Diário Oficial - 27/11/1908, Página 7883.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 419, de 20 de novembro de 2019. Publicado em: 21/11/2019 | Edição: 225 | Seção: 1 | Página: 64.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2017). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/renovabio> Acesso em: 05 de maio de 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 122, 23 de março de 2020. Publicado em: 26/03/2020 | Edição: 59 | Seção: 1 | Página: 99.

BORGES, Fernanda de Freitas. **Certificação ambiental e indicadores de sustentabilidade da**

BRASIL, Ministério De Minas e Energia (2017). Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio#:~:text=O%20RenovaBio%20%C3%A9%20uma%20pol%C3%ADtica,mercado%20e%20a%20mitiga%C3%A7%C3%A3o%20de> Acesso em: 02 de maio de 2022

BURROUGH, P. A. e MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems.** Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, G. M.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** INPE. São José dos Campos. 2001.

CASTILLO, R. **Dinâmicas recentes do setor sucroenergético no Brasil:** competitividade regional e expansão para o bioma Cerrado. *GEOgraphia* – Ano. 17 – Nº 35 - Dossiê – 2015.

Cerqueira, M. A., Santos, P. O. C., de Farias, V. N. C., Júnior, V. F. C., & Barbosa, R. V. R. (2021). **Análise temporal por sensoriamento remoto da supressão de vegetação nativa em vales na cidade de Maceió, Brasil.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, 7(1), 12151-01.

CMMD. COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum. p. 10. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação supervisionada e análise visual.** Dissertação (mestrado em agronomia). Universidade Estadual de São Paulo - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, São Paulo, 2001.

ELIAS, D. **Globalização e Agricultura: A Região de Ribeirão Preto – SP.** 1. Ed. 1. Reimp. – São Paulo, Editora da Universidade Federal de São Paulo, 2018 (Coleção Campi; 21)

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — Satélites de Monitoramento. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat> > Acesso em: 01 de maio de 2022

ENGESAT – **Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento.** Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>> Acesso em: 08 de maio de 2022

ENGESAT – **Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento.** Disponível em: < <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-2/>> Acesso em: 08 de maio de 2022

ESA. EUROPEAN SPACE AGENCY. Sentinel online. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>>. Acesso em: 15 maio. 2022

FAO. Fao statistical yearbook 2016 world food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Romep. 307, 2016.

FERNANDES, L. A. DE O.; WOODHOUSE, P. J. *Family farm sustainability in southern Brazil: an application of agri-environmental indicators.* Ecological Economics, Amsterdam, 2008.

GRIGORI, Pedro. Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz. **Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo?** Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002> 03/julho/2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Agrícola Municipal, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br> >

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - Disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/definicaoAvalConformidade.asp> > acesso em 01/05/2022

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>> acesso em 01/05/2022

KIMPARA, J. M.; ZADJBAND, A. D.; VALENTI, W. C. **Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura.** Documentos Embrapa Meio-Norte, n. 218, 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5.ed. São paulo: Atlas, 2003.

MEDEIROS, A. M. P., RUDORFF, B. F. T., SHIMABUKURO, Y. E. **Imagens Landsat na estimativa de áreas de cana-de-açúcar, milho e soja.** [CD-ROM]. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador, 1996. *Anais*. São Paulo: Image Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnico Científicas.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

NASTARI, Plínio M. **A importância do setor sucroenergético no Brasil.** Mercado & Negócios - *Agroanalysis* Março de 2012.

NOVO, E.M.L.M, **Sensoriamento Remoto.** Curso de Especialização em Geoprocessamento. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999, Volume 2, Mídia CD.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental indicators for agriculture: Concepts and Framework.** Paris: OECD Press. 1999, v. 1, 45 p.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Perspectives on global development 2017: international migration in a shifting world. 2016. Disponível em: <http://www.oecd.org/dev/perspectives-on-globaldevelopment-22224475.htm> . Acesso em: 18 de abril de 2022.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em 18 de abril de 2022.

SILVA, G. B. S. da; ARAUJO, L. S. de; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. de C.; VICENTE, L. E.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G. **Sistema de Informação Geográfica (SIG) e base de dados geoespaciais do projeto Geodegrade. Anais e Proceedings de eventos,** 2013.

VALENTI, W. C. **A Aquicultura Brasileira é Sustentável?** In: IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca. 2008, Florianópolis. *Anais[...]*. Santa Catarina: AQUAFAIR, 2008, p. 1-11.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. D. L.; MORAES-VALENTI, P. **Indicators of sustainability to assess aquaculture systems.** *Ecological indicators*, v. 88, p. 402-413, 2018.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. L. **Measuring Aquaculture Sustainability.** *World Aquaculture*, v. 42, n. 3, p. 26-30, 2011.