



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Departamento de Ciências Humanas – Campus IX
Graduação em Engenharia Agrônoma

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PAISAGEM NO PERIMETRO
IRRIGADO BARREIRAS NORTE**

MÁRCIA CRISTINA NERES DA SILVA

Barreiras – Ba
Junho de 2024

MÁRCIA CRISTINA NERES DA SILVA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PAISAGEM NO PERIMETRO
IRRIGADO BARREIRAS NORTE**

Monografia apresentado ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia - UNEB - Campus IX, como requisito parcial para avaliação do trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: MSc. Uldérico Rios Oliveira.

Barreiras – Ba

Junho de 2024

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CAMPUS IX
COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

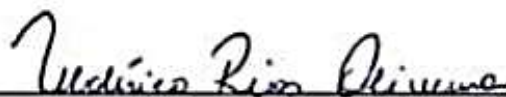
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PAISAGEM DO PERIMETRO
IRRIGADO BARREIRAS NORTE**

Discente: Márcia Cristina Neres da Silva

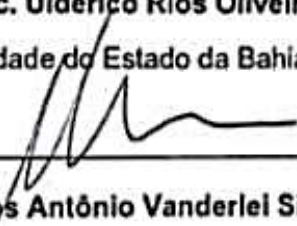
Orientador: Uldérico Rios Oliveira

Banca Examinadora:



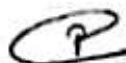
Prof. Dsc. Msc. Uldérico Rios Oliveira (Orientador)

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)



Prof. Dsc. Dr. Marcos Antônio Vanderlei Silva (Examinador Interno)

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)



Dr. Joaquim Pedro Soares Neto (Examinador Externo)

Data de realização 22/06/2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui e me deu forças para continuar e superar as dificuldades encontradas ao longo da minha vida acadêmica.

À minha família, especialmente à minha mãe, Marlene Maria Neres, por estar sempre ao meu lado, me incentivando e me dando apoio em todos os momentos. Sua força e encorajamento me impulsionaram a buscar o melhor e ter força e fé para alcançar meus objetivos.

À Universidade do Estado da Bahia (UNEB) – Campus IX, e a todo o seu corpo docente que influenciou de forma positiva em meu aprendizado, proporcionando ensinamentos valiosos que vão além da área acadêmica e contribuem para minha profissionalização.

Ao meu orientador, professor Uldérico Rios Oliveira, por ter aceitado ser meu orientador e desempenhado essa tarefa de forma exemplar, fornecendo as instruções e correções necessárias.

A todos que fizeram parte da minha formação, direta ou indiretamente, meu sincero muito obrigado.

SILVA, Márcia Cristina Neres da. **ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PAISAGEM NO PERÍMETRO IRRIGADO BARREIRAS NORTE**. 2024. 31 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade do Estado da Bahia, Campus IX, Barreiras – Ba, 2024.

RESUMO

O uso da agricultura através de práticas inadequadas de manejo pode levar a intensas modificações do solo desta forma é indispensável o monitoramento constante da paisagem de áreas agrícolas e, uma das principais formas de avaliar a cobertura da área consiste no uso de técnicas de geoprocessamento como o NDVI. Nesse sentido está pesquisa tem como objetivo realizar a análise temporal da cobertura vegetal através do emprego do Índice de diferença Normalizada no perímetro irrigado Barreiras Norte, localizado em Barreiras no Oeste Baiano. Para a realização da pesquisa foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 e 8 para os anos de 1985, 1998, 2011 e 2024 obtidas no catálogo do Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS. O processamento foi feito utilizando o sistema QGIS versão 3.24.14, onde foi realizado o processamento digital das imagens para a obtenção do NDVI e banda colorida - RGB. Os resultados demonstram mudança significativa na área ao longo dos anos de 1985 a 2024, sendo que houve a transição da mata nativa para área agrícola no ano de 1998 e, por isso, houve elevada presença de solo exposto neste ano, com posterior recuperação da cobertura vegetal no ano de 2011 e 2024 que apresentaram elevado percentual de áreas com vegetação densa, além disso, o NDVI demonstrou-se apto para acompanhar modificações na área ao longo do tempo. Conclui-se, portanto, que houve modificação na área durante os anos analisados e que o NDVI é capaz de realizar o acompanhamento de tais modificações.

Palavras chaves: NDVI, cobertura do solo, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The use of agriculture through inadequate management practices can lead to intense soil modifications. Therefore, constant monitoring of the landscape of agricultural areas is essential, and one of the main ways of evaluating area coverage consists of the use of geoprocessing techniques such as NDVI. In this sense, this research aims to carry out the temporal analysis of vegetation cover through the use of the Normalized Difference Index in the Barreiras Norte irrigated perimeter, located in Barreiras in West Bahia. To carry out the research, images from the Landsat 5 and 8 satellite were used for the years 1985, 1998, 2011 and 2024 obtained from the catalog of the United States Geological Survey - USGS. The processing was done using the QGIS system version 3.24.14, where digital processing of the images was carried out to obtain the NDVI and color band - RGB. The results demonstrate a significant change in the area over the years 1985 to 2024, with the transition from native forest to agricultural area in 1998 and, therefore, there was a high presence of exposed soil this year, with subsequent recovery of coverage vegetation in 2011 and 2024, which presented a high percentage of areas with dense vegetation. Furthermore, the NDVI proved capable of monitoring changes in the area over time. It is concluded, therefore, that there were changes in the area during the years analyzed and that the NDVI is capable of monitoring such changes.

Keywords: NDVI, ground cover, remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área estudo.	18
Figura 2. Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI e composição colorida (RGB) para os anos de 1985, 1998, 2011 e 2024.....	21
Figura 3. Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI, referente ao ano de 1985.	22
Figura 4. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 1998.	23
Figura 5. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 2011.	24
Figura 6. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 2024.	25
Figura 7. Percentual das classes de cobertura do solo nos anos de 1985, 1998, 2011 e 2024.	26
Figura 8 Gráfico de valores médios e desvio padrão nos anos de 1985, 1998, 2011 e 2024..	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Perímetro irrigado	11
2.2 Legislação em Perímetros Públicos de Irrigação (PPI)	12
2.3 Solos do Cerrado	14
2.4 Técnicas de geoprocessamento e análise temporal	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Aquisição dos dados	19
3.3 Processamento de dados	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das principais atividades econômicas brasileiras e, devido a crescente necessidade de elevação da produção agrícola houve um aumento significativo das áreas plantadas no país ao longo dos anos, sendo que houve a necessidade da retirada da mata nativa para introdução de culturas agrícolas em diferentes áreas, principalmente em áreas do Cerrado que, com o surgimento de novas tecnologias de produção, tornou-se apto a exploração agrícola. Entretanto, na maioria das vezes essa substituição da vegetação ocorre de forma irregular, sem a preocupação necessária para evitar a ocorrência de problemas ambientais decorrentes da mudança da paisagem natural.

Atualmente uma das estratégias utilizadas para aumentar a produção agrícola em algumas áreas que apresentam certas limitações como a escassez hídrica, é a implantação de perímetros irrigados, sendo que para que isto ocorra, é necessário a abertura de uma nova área, onde haverá o desmatamento da cobertura natural do solo, o que por sua vez, pode trazer alguns impactos negativos como a degradação do solo, decorrente da utilização de práticas de manejo inadequadas (Oliveira, 2016). Contudo, o manejo inadequado dos recursos naturais por longos períodos de modo irracional e sem os cuidados necessários pode ocasionar graves problemas ambientais, além de levar a degradação de áreas produtivas, o que por consequência tornaria a agricultura inviável nesta localidade.

A abertura de áreas para a agricultura é um fenômeno impulsionado por diversos fatores sociais e econômicos, como é o caso da necessidade de elevação da produção de alimentos, fibras e combustíveis e, em curto prazo traz benefícios econômicos como a geração de empregos e aumento da produção.

Diante disso, a análise temporal da cobertura do solo em perímetros irrigados em áreas do cerrado vem tornando-se essencial para a avaliação e identificação dos efeitos do desenvolvimento agrícola no ambiente e para realizar uma orientação mais eficiente das políticas agrícolas e práticas de manejo sustentável, visando a conservação dos recursos naturais como o solo e a água (Soares *et al.*, 2019).

Deste modo, é fundamental o estudo da cobertura do solo, uma vez que com o avanço da agricultura irrigada ocorrem modificações no espaço geográfico em um determinado período de tempo e, uma das formas mais utilizadas para avaliar essas modificações consiste na aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto que são capazes de identificar através do processamento de dados as características de uma determinada localidade como, por exemplo, o uso do solo, a cobertura vegetal e a presença de solo exposto de uma área de interesse (Reghini; Cavichioli, 2020).

Autores demonstram que a utilização de técnicas de geoprocessamento para análise das transformações decorrentes da produção agrícola em uma determinada área, são eficientes na demonstração de mudanças na paisagem ocorridas em diferentes fases da atividade agrícola regional, podendo ser observado o crescimento da área produtiva, da porcentagem de solo sem cobertura e da porção vegetação nativa (Lucena Netto, 2021; Facco *et al.*, 2018). Assim, percebe-se que o geoprocessamento consiste em uma forma de avaliação eficiente e prática, pois permite acompanhar as transformações ocorridas em uma determinada área.

Desta forma, a presente pesquisa tem como objetivo realizar a análise temporal da cobertura vegetal do perímetro irrigado Barreiras Norte a partir do uso do Índice de diferença Normalizada (NDVI) para identificar as modificações ocorridas na área de interesse ao longo dos últimos 39 anos, período de grande expansão da agricultura irrigada no Oeste baiano, com destaque para a cidade de Barreiras, Bahia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Perímetro irrigado

Perímetro irrigado são áreas delimitadas pelo estado para a implantação de projetos de agricultura irrigada buscando o crescimento da produção agrícola e contornar os problemas decorrentes da escassez hídrica nas regiões produtoras, uma vez que com a implantação do sistema de irrigação torna-se viável a produção agrícola em maior escala nas regiões áridas e semiáridas (Dantas *et al.*, 2012).

Atualmente os perímetros públicos nessas regiões destacam-se, em sua maioria, no desenvolvimento da fruticultura, sendo que os principais polos irrigados para a produção de frutas encontram-se situados nos estados do Ceará, Bahia, Pernambuco e Norte de Minas Gerais, que proporciona aumento da produção devido ao uso de insumos altamente tecnológicos e o clima seco e quente que favorecem a produção de ciclos sucessíveis em qualquer época do ano (Ferreira; Vieira Filho, 2021).

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2017), os perímetros irrigados são responsáveis pela irrigação de cerca de 218,8 mil hectares em um total de 79 projetos distribuídos em 88 municípios, sendo que a grande maioria fica localizado na região Nordeste que apresenta maiores problemas decorrentes das secas e, por isso, projetos de irrigação são de suma importância para o desenvolvimento da agricultura na região.

Conforme, Pontes *et al.* (2013) a política de irrigação no Nordeste foi impulsionada principalmente no final da década de 1960 para reestruturar o espaço agrário nordestino, com os seguintes objetivos:

“[...] introduzir um novo modelo de produção agrário/agrícola nessa região, via modernização da agricultura e incentivo a culturas agrícolas de maior rentabilidade, com destaque para a fruticultura irrigada; e minimizar os conflitos agrários e desviar o debate da reforma agrária para os projetos de colonização, por meio da seleção de irrigantes para ocupar os lotes dos perímetros públicos” (Pontes *et al.*, p. 3215, 2013).

Nesse sentido, a instalação de perímetros irrigados é indispensável para a elevação ou manutenção da produtividade agrícola em épocas distintas, uma vez que a escassez hídrica consiste em fator extremamente limitante para um bom desenvolvimento da agricultura.

A agricultura irrigada é a atividade agrícola responsável por utilizar a maior parte da água destinada para a agricultura no Brasil, pois retira água das bacias hidrográficas para levar para as regiões secas de modo a aumentar a produtividade, contudo, a instalação de projetos sem o estudo necessários tem contribuído para grandes impactos na disponibilidade hídrica nacional, uma vez que um projeto mal executado leva ao uso incorreto de água, o que contribui para o crescimento de problemas ambientais como a escassez hídrica e a degradação dos solos devido a problemas como a erosão, compactação ou salinização (Ferreira; Vieira e Costa, 2008).

“a agricultura do futuro exigirá da ciência de hoje e dos próximos anos, soluções de baixo custo para o uso cada vez mais racional da água, com plantas mais eficientes e resistentes ao estresse hídrico, sistemas de irrigação que otimizem o uso de água e energia e, práticas conservacionistas que protejam o solo e reduzam a evaporação, sistemas que integrem lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta bem manejados, que podem contribuir para a conservação da água pelo solo, mitigando os efeitos negativos decorrentes da grande dispersão entre precipitações das estações chuvosa e seca” (Santos *et al.*, p. 4, 2022).

Assim, é perceptível a necessidade de conciliar elevação de produtividade com a redução dos problemas decorrente do crescimento da agricultura, sendo que esta encontra-se em constante desenvolvimento com destaque para a utilização de sistemas de irrigação.

Dessa forma, o Estado da Bahia encontra-se em destaque no desenvolvimento da agricultura irrigada, representando um dos estados com maior índice de irrigação do Brasil com alta capacidade de ampliação, sendo inclusive referência na expectativa de elevação da área irrigada no país, pois segundo dados da Agencia Nacional de Águas (ANA, 2017; ANA, 2021), o estado da Bahia possuía um total aproximado de cerca de 504.781 mil hectares de área irrigada., sendo que cerca de 181 mil hectares encontra-se na região do Oeste baiano, o que representa 3% de todo o território. Dentre os principais municípios irrigantes estão São Desiderio, Correntina, Jaborandi, Luiz Eduardo Magalhães, Riachão das Neves e Barreiras.

Conforme a Companhia do desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2022) o Rio Grande caracteriza-se como a principal fonte hídrica do polo de desenvolvimento da irrigação em Barriras, constituído por uma área em operação de 7.214 ha distribuído pelos perímetros São Desiderio/Barreiras Sul, Riacho Grande, Nupeba e Barreiras Norte, voltados principalmente para fruticultura irrigada com a produção de coco, banana, manga e limão e produção de grãos como o feijão e o milho.

2.2 Legislação em Perímetros Públicos de Irrigação (PPI)

A instalação de projetos públicos de irrigação, precisam estar regularizadas conforme a legislação brasileira, onde há leis específicas que precisam ser devidamente respeitadas para o bom funcionamento dos perímetros irrigados. A legislação que rege a instalação de tais projetos pode ser de caráter nacional, estadual ou ainda municipal.

Dentre estas leis destacam-se a Política Nacional de irrigação, que estabelece diretrizes para o bom desenvolvimento da irrigação e define os critérios para instalação e operação dos perímetros públicos de legislação; A lei das Águas que dispõe acerca da política nacional dos recursos hídricos e a gestão sustentável de tais recursos; e o novo código florestal que estabelece sobre as áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal.

A Política Nacional de Irrigação (PNI) determinada pela lei N. 12.787 de janeiro/2013 define o projeto de irrigação como:

“sistema planejado para o suprimento ou a drenagem de água em empreendimento de agricultura irrigada, de modo programado, em quantidade e qualidade, podendo ser composto por estruturas e equipamentos de uso individual ou coletivo de captação, adução, armazenamento, distribuição e aplicação de água” (Brasil, 2013).

Assim, os projetos de irrigação devem ser previamente planejados de modo a garantir que a sua utilização, individual ou coletiva, garanta o suprimento adequado de água para as plantas.

Além disso, os princípios básicos desta lei determinam que o uso do solo e da água deve ser realizado de forma sustentável, evitando o desperdício e garantindo a sua conservação mais duradoura. Este princípio pode ser realizado através da utilização de práticas agrícolas que causem menos danos ao solo e aos recursos hídricos, como é o caso da rotação de cultura, manejo integrado de pragas e doenças, cobertura do solo que são ações que diminuem os riscos de erosão do solo e promovem a sua conservação.

A política nacional de irrigação está diretamente ligada a política nacional dos recursos hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/1997, que tem como objetivos principais a promoção do uso responsável da água, proteção de mananciais, prevenção de poluição e garantia ao acesso a água de qualidade a todos (Brasil, 1997).

No contexto da irrigação, a PNRH influencia diretamente as práticas de gestão e uso da água. Ela promove a implementação de políticas e instrumentos que visam otimizar o uso dos recursos hídricos na agricultura irrigada, buscando conciliar as demandas da atividade agrícola com a necessidade de preservação dos recursos naturais, dentre esses instrumentos encontram-se a outorga de direito de uso, que irá fornecer documentação para autorização da captação e uso dos recursos hídricos.

Outra lei que rege os perímetros irrigados constitui o código florestal brasileiro regulamentado na lei 12.651, de 25 de Maio de 2012, que estabelece sobre a proteção de vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal e exploração florestal, sendo que todo e qualquer imóvel rural deve possuir uma determinada área classificada para a reserva legal que será determinada em relação ao bioma em que a propriedade se encontra, em relação as áreas da Amazônia legal deve ser reservado cerca de 80%; Cerrado 35% e em áreas de Campos Gerais 20% (Brasil, 2012). Os perímetros irrigados não estão fora destas diretrizes, por isso, dependendo da localização do perímetro irrigado a legislação deve ser respeitada conforme estabelecido nesta lei.

2.3 Solos do Cerrado

O Cerrado representa o segundo maior bioma brasileiro com uma área aproximada de 2 milhões de Km² de extensão, ocupando um total de 21% de todo o território nacional e, caracteriza-se por dois períodos distintos, um ocorre de outubro a março (estação chuvosa) e outro de abril a setembro (estação de seca) com uma pluviosidade média em torno de 1.500 mm (Klink; Machado, 2005).

Grande parte da região do Cerrado se caracteriza pela presença de latossolos, sendo que este tipo de solo recobre um total de 46% da área total deste bioma. Os latossolos possuem coloração que variam do vermelho ao amarelo, são profundos, bem drenados e ácidos, devido a toxidez do alumínio e baixo em nutrientes essenciais (Sanzonowicz, 2021).

No entanto, apresentam condições físicas favoráveis ao desenvolvimento da agricultura, por exemplo, áreas de topografia plana que favorecem a mecanização agrícola, com o cultivo de culturas anuais, perenes e pastagens, além disso, as limitações químicas apresentadas podem ser contornadas a partir da utilização de técnicas como a adubação e calagem que são capazes de corrigir a acidez do solo e adicionar nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas conforme a necessidade de cada área (Silva Junior, 2019).

O primórdio da ocupação do Cerrado se deu com a introdução da pecuária, para somente após a degradação da área de pastagem ocorrer a implantação de culturas agrícolas intensivas, no entanto, o estado da Bahia que possui uma área de 27% dos seus 564.693 km² recobertas pelo bioma Cerrado, na região Oeste a cultura agrícola intensiva se destacou logo após a introdução da pastagem, onde houve o avanço da agricultura sobre as áreas nativas do Cerrado, devido as características edafoclimáticas da região, por exemplo, latossolos vermelho-amarelo, com boa profundidade e drenagem favoreceram a expansão do cultivos agrícola (Dos Santos; Sano; Santos, 2018).

A elevação do uso das terras do Cerrado deu-se principalmente devido as novas tecnologias disponíveis para a implantação da agricultura em áreas com características distintas, sendo que tais tecnologias juntamente ao relevo adequado, período chuvoso bem definido e o uso intensivo de insumos agrícolas como fertilizantes químicos e corretivos tornou o Cerrado em evidência na fronteira agrícola nacional (Dalmolin e Caten, 2012). Desta forma, é cada vez mais constante a substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas, sendo que o Cerrado baiano destaca-se neste quesito, uma vez que Pereira e Ferreira (2021) demonstram elevada alteração nas áreas de Cerrado nativo e agricultura, sendo que é perceptível uma elevação da agricultura enquanto ocorre a diminuição da vegetação nativa, com destaque para os anos ente 1995 a 2005 e 2010 a 2015.

Atualmente a região do Oeste baiano destaca-se com a produção de soja, milho, algodão e da fruticultura, sendo que a região comumente faz uso de sistema de plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo, sendo que cada sistema influencia nas características físicas e químicas do solo de forma diferente, o sistema convencional, devido a uso intensivo e constante revolvimento possibilita uma maior degradação em comparação com os demais que caracterizam-se pelo mínimo revolvimento do solo e adoção de práticas conservacionistas a partir do plantio direto (Freitas, 2021).

Neste sentido, há uma constante preocupação acerca da preservação ou recuperação do solo, visto que este consiste em fonte fundamental para a manutenção da atividade agrícola, uma vez que com a ocorrência da degradação o solo sofre intensas modificações que levam a perda da fertilidade, perda da fauna e da flora, etc., por isso, devido a expressividade do Oeste da Bahia na produção agrícola, grande parte das propriedades rurais locais é destinada a preservação ou recuperação da vegetação nativa (Silva e Paiva, 2018).

Deste modo, o uso e cobertura do solo como um todo precisa de constante planejamento, visando sempre a garantia da manutenção e conservação do solo, uma vez que o bom desenvolvimento das atividades agrícolas depende de boas características do mesmo, sendo assim, cuidar do nosso meio de produção é essencial.

2.4 Técnicas de geoprocessamento e análise temporal

A tecnologia vem a cada dia se desenvolvendo mais de modo a facilitar a utilização de técnicas de geoprocessamento para promover a obtenção e divulgação de dados espaciais de modo simples e, se essas técnicas forem utilizadas juntamente com o sistema de informações geográficas (SIG), possibilita uma grande vantagem na análise do desenvolvimento de uma região e instalação de projetos nos mais variados âmbitos (Silva, 2021).

Diante disso Reghini e Cavichioli (2020) definem geoprocessamento como:

“Um conjunto de tecnologias destinadas a coletar e tratar dados espaciais com um objetivo específico. As atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que têm o objetivo de processar informações espaciais, sendo capazes de criar abstrações digitais do real, manejar e armazenar eficientemente dados, identificando o melhor relacionamento entre as variáveis espaciais e possibilitando a criação de relatórios e mapas para a compreensão desses relacionamentos” (Reghini; Cavichioli, p. 330-331, 2020).

A partir do exposto nota-se a importância do geoprocessamento em diversos setores, pois possibilita uma maior precisão na identificação de modificações espaço temporal e auxilia na tomada de decisão através da criação de mapas para uma melhor compreensão dos dados analisados.

As geotecnologias correspondem ao conjunto de técnicas e métodos científicos usados para a realização de estudos, exploração e conservação ambientais, sendo que estas tecnologias são formadas por hardware (satélites, GPS, câmeras e computadores) que realizam a coleta de dados e softwares que são capazes de realizar o processamento dos dados obtidos através dos hardwares (EMBRAPA, 2014).

A união do hardware e software usados na geotecnologia são unidos através do sistema de informação Geográfica (SIG), para realizar o armazenamento, análise e processamento dos dados espaciais possibilitando a elaboração de mapas e gráficos que representam a realidade em um determinado local, possibilitando que a análise do solo seja realizada de modo mais ágil e objetiva (Reghini; Cavichioli, 2020).

Conforme Rosa (2005) comumente há uma confusão em relação ao uso dos termos geoprocessamento e SIG, entretanto, ambos apresentam conceitos diferentes. O geoprocessamento é mais abrangente e refere-se a todos os processamentos de dados georreferenciados, já o sistema de informação geográficas é mais delimitado e realiza o processamento de dados gráficos e não gráficos com destaque para as análises espaciais.

O Geoprocessamento ofereceu suporte tecnológico para o processamento dos dados, enquanto o Sistema de Informação Geográfica (SIG) favoreceu o processo de resultado da caracterização e análise espacial (Rocha Filho *et al.*, 2016).

As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto atualmente estão sendo amplamente utilizadas para a avaliação do uso e cobertura do solo, assim como as modificações temporais ocorridas, além disso, também possibilita identificar as alterações de origens antrópicas e naturais da paisagem. A cobertura da terra corresponde aos componentes que a recobrem, que pode ser água, vegetação, solo, enquanto a forma de uso do solo faz referência à atividade realizada em uma região (Santos *et al.*, 2017).

Para a análise temporal da cobertura do solo a partir de técnicas de geoprocessamento é necessário levar em conta fatores inerentes ao instrumento de aquisição de dados (satélite) e ao período de obtenção dos dados. Sendo que os sensores são afetados por diferentes fatores como, por exemplo, o ângulo solar zenital, ângulo de visão do sensor, a função de distribuição bidirecional da reflectância, condições atmosféricas, topografia, entre outros (Cunha *et al.*, 2012).

Facco *et al.* (2018) em estudo da evolução da área agrícola entre 1989 e 2014 demonstra que em 1989 a área destinada a agricultura representava 0,33 Km² (0,17% da área analisada), enquanto as áreas de floresta representavam 76,38 Km² (38,89% da área), já no ano de 2014 a agricultura subiu para 1,12% e florestas caiu para 36,68% o que demonstra queda de 4,33% nas

áreas de floresta. Outra variância que demonstrou grande modificação foi a porcentagem de solo exposto que saltou de 20,06% em 1989 para 58,32% em 2014.

Conforme resultados encontrados por Lucena Netto (2021) analisando os impactos das mudanças do uso do solo no Cerrado baiano por sensoriamento remoto demonstram que entre os anos de 1984 e 2019 a área estudada sofreu grandes modificações, devido a substituição da vegetação nativa por atividades agrícolas.

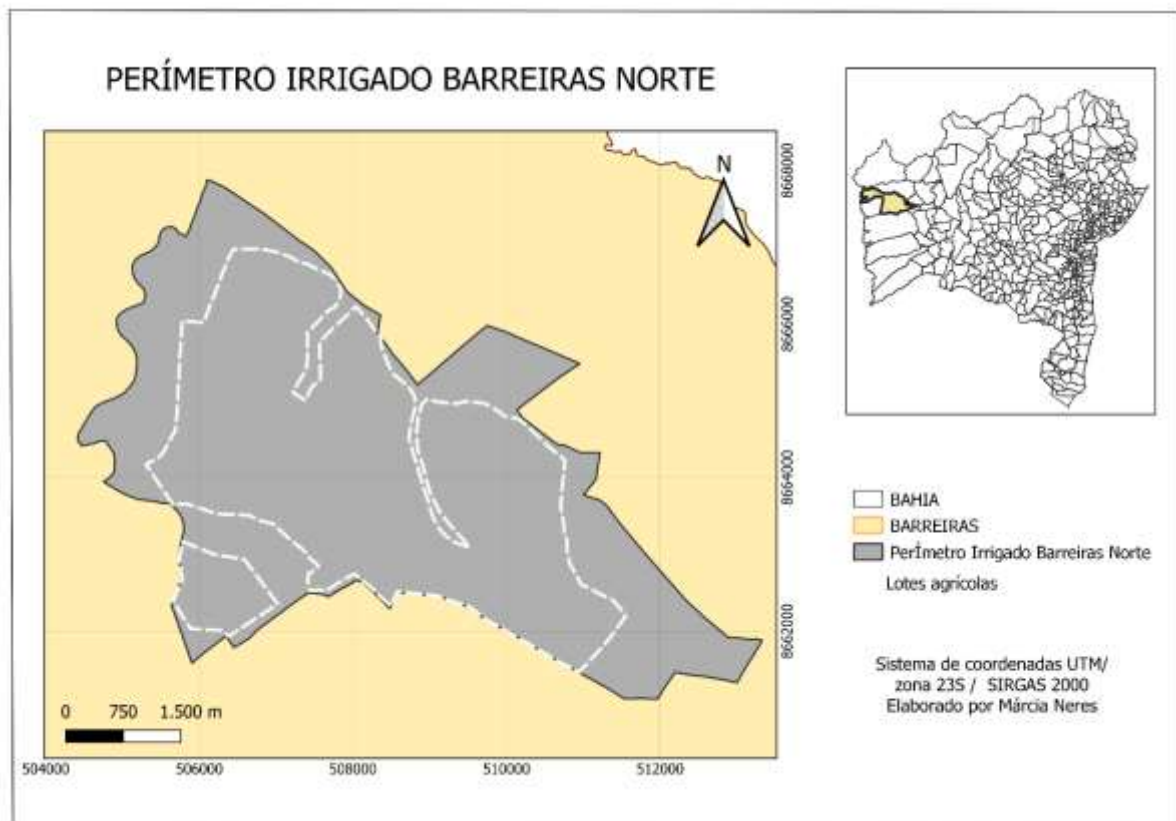
Desta forma, são necessários conhecimentos de como realizar o uso de técnicas de geoprocessamento para melhor análise das modificações ocorridas em um local, visto que é imprescindível saber realizar as operações de forma correta para obtenção de dados mais precisos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Perímetro irrigado Barreiras Norte, localizado no município de Barreiras no Oeste da Bahia, coordenadas $12^{\circ} 09' 10''$ S e $44^{\circ} 59' 24''$ O, região do médio São Francisco, tendo o Rio Grande como fonte hídrica (Figura 01). O clima da região caracteriza-se por dois períodos distintos, sendo estes uma estação seca, que ocorre de abril a setembro e, outro chuvoso nos meses de outubro a março com pluviosidade média de 1018 mm (Costa *et al.*, 2020).

Figura 1. Localização da área estudo.



Fonte: Márcia Neres, 2024.

O Barreiras Norte constitui-se de um projeto público de irrigação (PPI) instalado em 1999 com início das atividades operacionais em junho de 2000.

Segundo a CODEVASF (2022), esse PPI possui uma área total de 1.700 hectares e, deste 1.651,86 ha são referentes a área irrigável, porém apenas 1.359,43 ha da área irrigada está ocupada, sendo que a vazão outorgada vigente corresponde a um total de 11.130.000 m³/ano, onde são utilizados os sistemas de microaspersão e aspersão.

A área possui grande participação na produção agrícola, principalmente, fruticultura com destaque para a produção de banana, uva, mamão e mandioca, sendo utilizado principalmente o sistema de irrigação por aspersão e microaspersão (CODEVASF, 2022).

3.2 Aquisição dos dados

Para a realização desta pesquisa foram utilizadas imagens orbitais dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, para um período de 39 anos, com imagens do mês de fevereiro para os anos de 1985, 1998, 2011 e 2024 (intervalo de 13 anos entre os anos analisados) obtidas por meio de download gratuito no catálogo de imagens disponíveis no site do *United States Geological Survey* – USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

3.3 Processamento de dados

Foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens e geoprocessamento para obtenção de dados acerca da mudança na paisagem, incluindo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI, que consiste em um modelo que utiliza o nível de refletância das imagens de satélite para realizar a análise da vegetação nativa através da equação entre a resposta da banda espectral do vermelho e infravermelho próximo, como mostra a equação 1 (Fontana *et al.*, 2019). Para a realização do processamento dos dados foi utilizado o software QGIS versão 3.24.14.

$$NDVI = \frac{piv-pv}{piv+pv} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

piv = Banda espectral do infravermelho próximo;

pv = Refletância da Banda de vermelho.

Onde tem-se valores entre -1 a +1, sendo que valores referentes a -1 a 0 correspondem a áreas com pouca ou nenhuma vegetação (solo exposto); 0,0 a 0,33 são áreas em que a vegetação encontrasse com algum tipo de deficiência; 0,33 a 0,66 são aquelas em que a vegetação está moderadamente sadia e, 0,66 a 1,0 são áreas em que a vegetação está muito sadia (Viganó, Borges e Franca-Rocha, 2011).

A primeira etapa para o processamento consistiu na elaboração do arquivo *shapefile* do Perímetro irrigado Barreira Norte através da utilização do programa Google Earth Pro a partir da base cartográfica do Perímetro irrigado Barreiras Norte desenvolvido pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF

(2020). Posteriormente foi realizado a definição da projeção e do Datum utilizado, sendo que estes foram respectivamente o sistema de projeção UTM zona 23S e Datum SIRGAS 2000 (sistema geodésico de referência oficial do Brasil).

Em seguida foi adicionado a camada vetorial da área (arquivo *shapefile*) e, a camada raster através da utilização das imagens de satélite Landsat 5 para o ano de 1985, sendo que foram utilizadas imagens de banda espectral do vermelho - B3 e do infravermelho próximo - B4 para realização do cálculo de NDVI por meio da calculadora raster através da equação 1.

Posteriormente, foi gerada a imagem raster do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada da área referente ao ano de 1985 e, para uma melhor visualização foi realizado a composição da banda falsa cor. Posteriormente foi realizado o recorte da camada do NDVI a partir da camada vetorial do perímetro irrigado Barreiras Norte, além disso, foi realizado a composição de banda colorida (RGB) utilizando as bandas referentes a cor azul - B1, verde - B2 e vermelho - B3.

Em seguida repetiu-se o mesmo processo para o ano de 1998, 2011, onde também foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5, e para o ano de 2024, onde foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 e, devido a mudança do sensor foram utilizadas imagens de bandas espectrais do vermelho - B4 e do infravermelho próximo - B5 para realização do cálculo de NDVI e bandas do azul - B2, verde - B3 e vermelha - B4.

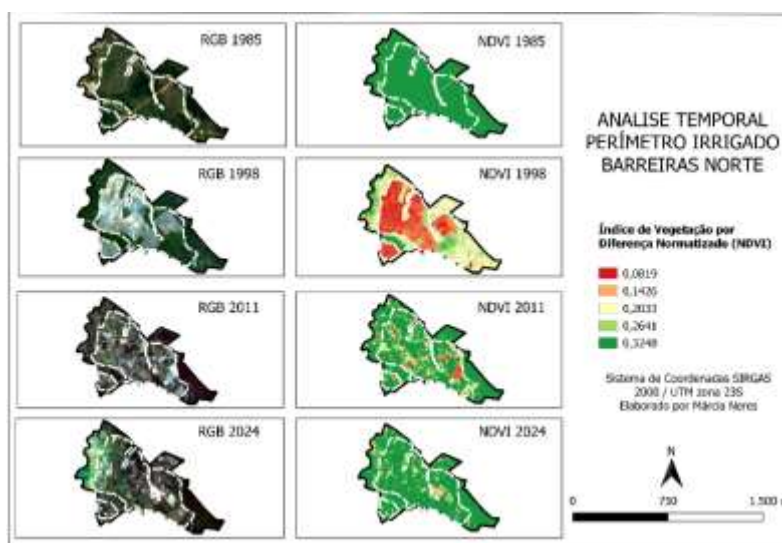
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área delimitada para a instalação do perímetro irrigado possui um total de 2.755 hectares, sendo que deste total 1.700 ha são destinadas para a utilização agrícola e 1.055 é destinado para as áreas de reserva legal, o que compreende cerca de 38% da área total, o que encontra-se em conformidade com as normas relacionadas a manutenção de reserva legal no Cerrado.

Conforme o art. 12 da Lei nº 12.727, de 2012 que dispõe sobre as áreas de reserva legal em imóveis rurais, estabelece que “Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados percentuais mínimos em relação à área do imóvel” sendo que em relação aos imóveis rurais localizados em área do bioma Cerrado, fora da Amazônia legal, o percentual mínimo para área de reserva legal é definido em 20% da área total (Brasil, 2012).

Com base nas análises e observações realizadas, conforme ilustrado na Figura 2, observa-se que a área irrigada não sofreu variações substanciais ao longo do período em análise. Contudo, verificou-se uma leve diminuição no total de área irrigável ocupada, que passou de 1.450 hectares no início do projeto, em 1999, para 1.359 hectares atualmente, em 2024. Esta redução pode ser justificada pela diminuição no número de lotes familiares e empresariais em uso. Inicialmente, estavam em atividade 110 lotes familiares e 45 lotes empresariais, enquanto, no presente momento, os números correspondem a 107 e 28, respectivamente (CODEVASF, 2018; CODEVASF, 2023).

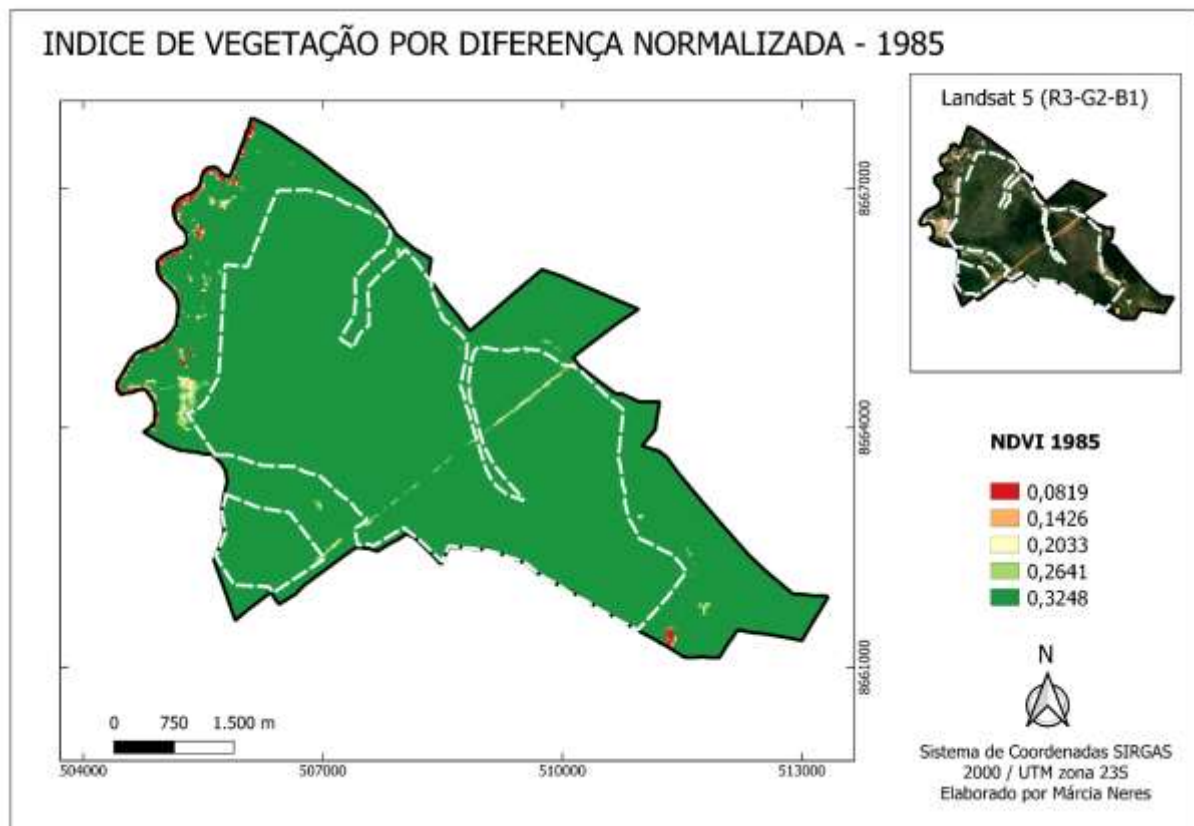
Figura 2. Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI e composição colorida (RGB) para os anos de 1985, 1998, 2011 e 2024.



Fonte: Márcia Neres, 2024.

Conforme Figura 3, no ano de 1985 (14 anos antes do início das atividades agrícolas na área), é perceptível a presença de uma vegetação densa na área, com valores de índice de diferença normalizada igual ou superior a 0,3248 que é o valor de NDVI definido como limite máximo para todas os anos analisados, com o objetivo de padronizar a composição da falsa cor. A imagem de banda colorida RGB, torna possível uma melhor visualização da vegetação presente na área, sendo que neste período está caracterizada pela presença de uma mata nativa densa, com pouca ou nenhuma área de solo exposto.

Figura 3. Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI, referente ao ano de 1985.



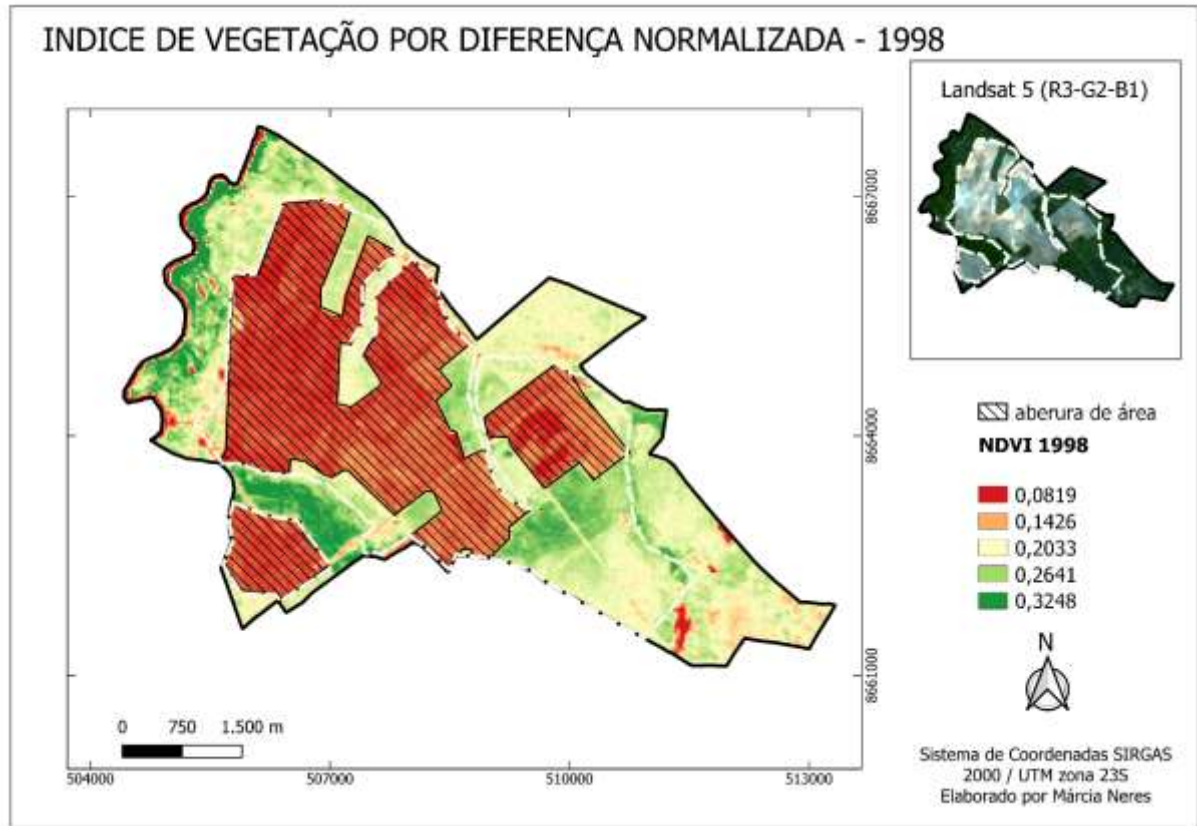
Fonte: Márcia Neres, 2024.

Conforme resultados obtidos por Soares *et al.* (2019) o ano de 1985 apresenta valores de NDVI elevado o que se justifica pela maior presença de vegetação nativa no entorno da bacia do Rio Grande neste período.

Em relação ao NDVI gerado para o ano de 1998, é possível identificar conforme, Figura 4, uma vasta área com a presença de solo exposto, o que deve-se a necessidade de abertura da área para o início do planejamento para a instalação do Perímetro irrigado Barreiras Norte, sendo que neste período foi realizado o desmatamento de cerca de 68% da área destinada para a produção agrícola, o que corresponde a um total de 1.155 ha de solo exposto como pode ser

identificado na Figura 3, onde é possível visualizar que foi realizada a limpeza da área, com a retirada da vegetação indesejada para posterior implantação de cultura agrícola.

Figura 4. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 1998.



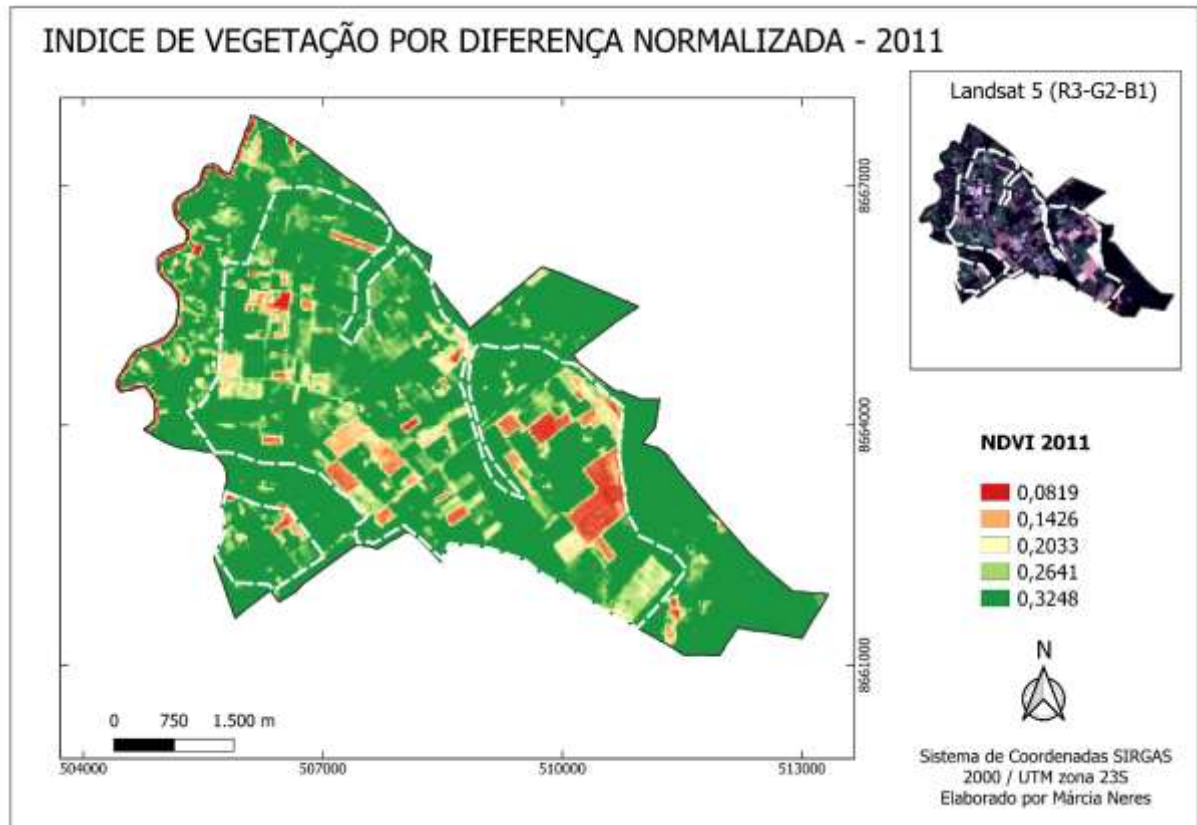
Fonte: Márcia Neres, 2024.

Sobre esse viés, Pereira e Ferreira (2021), em estudo realizado acerca do desmatamento da vegetação no Cerrado evidenciou que até o ano de 2002, o Cerrado brasileiro havia tido um índice de desmatamento equivalente a 54,9% de sua área, sendo que uma das regiões de destaque neste índice enquadra-se o Oeste baiano. Além disso, é perceptível que o comportamento das áreas de Cerrado nativo e desenvolvimento agrícola caminham em sentido oposto na cidade de Barreiras, no Oeste da Bahia, onde é possível perceber uma redução da área de Cerrado enquanto a agricultura se expande.

Nos anos de 2011 conforme a Figuras 5, é possível identificar uma recuperação da cobertura vegetal no perímetro Barreiras Norte, isso dá-se devido a manutenção de culturas agrícolas na área, porém apesar da cobertura na maior parte da área ainda há presença de solos expostos, mesmo que em menor quantidade se comparado ao ano de 1998 e, isso ocorre, principalmente, decorrente da retirada da cultura para colheita e posterior replantio. Além disso, é perceptível a presença de uma pequena parte da área com valores de NDVI mais baixo,

0,0819, que demonstra presença de solo exposto e 0,2033, que refere-se a área com presença de vegetação rala com alguma deficiência.

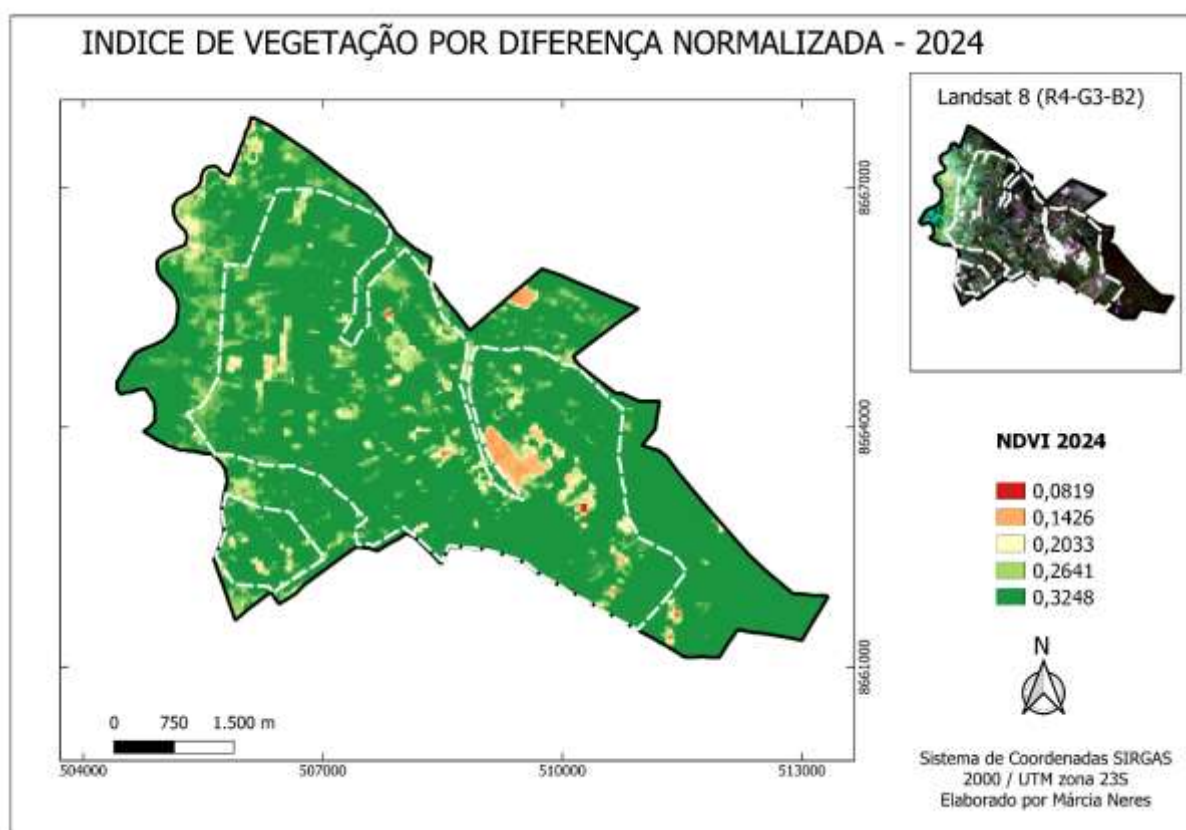
Figura 5. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 2011.



Fonte: Márcia Neres, 2024.

Em relação ao ano de 2024 é possível perceber que houve uma recuperação ainda melhor em relação a cobertura do solo, sendo que dentre os anos analisados após a implantação do perímetro irrigado Barreiras Norte este constitui-se daquele com menor índice de solo exposto (Figura 6).

Figura 6. Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI, referente ao ano de 2024.



Fonte: Márcia Neres, 2024.

Ao longo dos anos agrícolas é perceptível uma evolução na cobertura vegetal do perímetro irrigado Barreiras Norte, com a diminuição da presença de solo exposto ou vegetação com alguma deficiência, o que mostra um bom desenvolvimento da área. Além disso, é possível identificar uma manutenção da área agrícola, sem ultrapassar os limites preestabelecidos e ausência de interferência na área destinada a reserva legal, sendo que a parte fora do limite agrícola que apresentou maiores modificações foram aquelas próximas ao rio Grande devido a maior exploração de outras ações humanas, não necessariamente relacionado as atividades agrícolas realizadas no Barreiras Norte.

A manutenção dos limites estabelecidos para áreas agrícolas e de reserva legal, em conformidade com as normativas legais, reflete uma abordagem equilibrada entre o desenvolvimento da agricultura e a conservação ambiental.

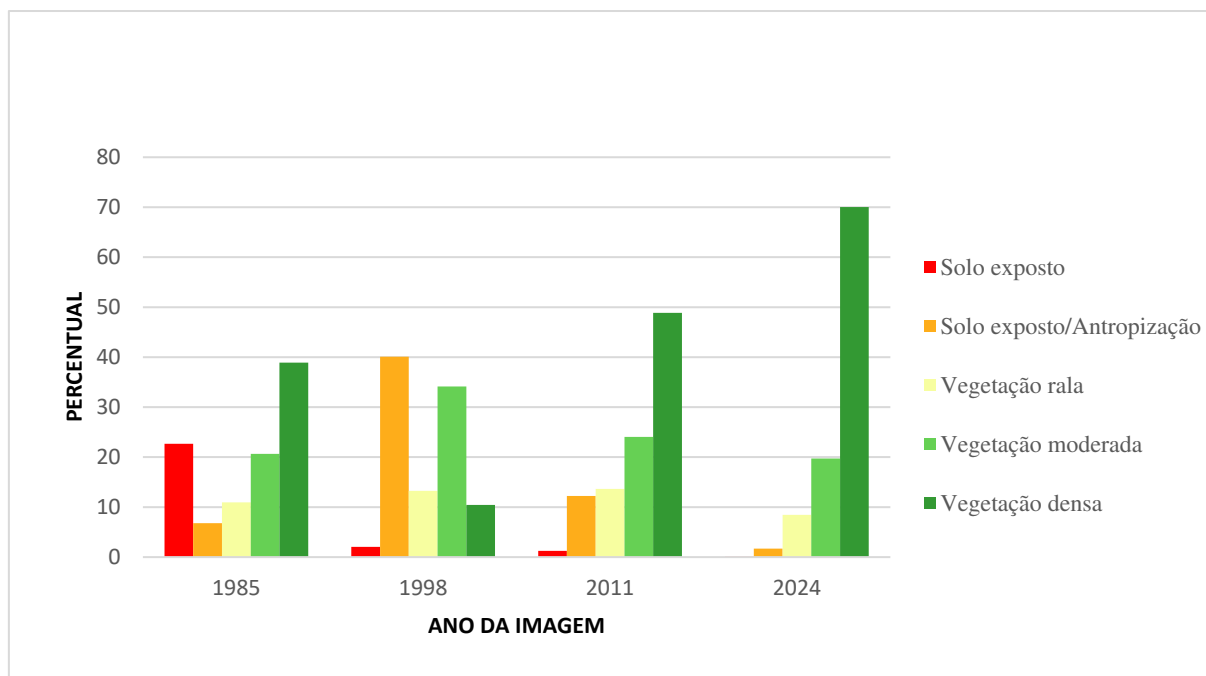
Assim, é possível perceber que o mapeamento da cobertura vegetal desempenha um papel fundamental na compreensão das mudanças ocorridas em determinada área ao longo do tempo, sendo que ao fazer a identificação e classificação das diferentes categorias de uso e cobertura da terra, bem como áreas cultivadas e não cultivadas permitindo uma excelente análise da evolução da área com o tempo (Rodrigues, Meireles e Oliveira, 2021).

Neste sentido, a utilização de práticas de sensoriamento remoto como o NDVI mostra-se de eficiente na avaliação da paisagem no perímetro irrigado, uma vez que faz o realce das áreas com presença de solo exposto e vegetação nativa, auxiliando em uma melhor compreensão a respeito do desenvolvimento agrícola na área.

Autores demonstram que a utilização do NDVI é uma prática capaz de identificar a presença de diferentes estágios das culturas em uma determinada área em dado espaço e tempo, além de auxiliar na identificação de doenças ou deficiência nutricional das plantas (Ribeiro *et al.*, 2017; Fontana *et al.*, 2019).

Durante os anos analisados foi perceptível que em 1985 cerca de 38,9% da região apresentava vegetação densa, sendo que este valor teve um decréscimo expressivo no ano de 1998 devido ao desmatamento que aumentou o percentual de solo exposto/antropizado, uma vez que o NDVI pode correlacionar a área de solo exposto com área antropizada, devido a ausência de vegetação nas mesmas. Entretanto em 2011 e 2024 percebeu-se uma recuperação acentuada da cobertura do solo com vegetação densa, onde teve respectivamente 48,87 e 70,08%, estes valores são justificados devido a presença de culturas anuais e perenes que proporcionam uma maior cobertura do solo de forma mais uniforme (Figura 7).

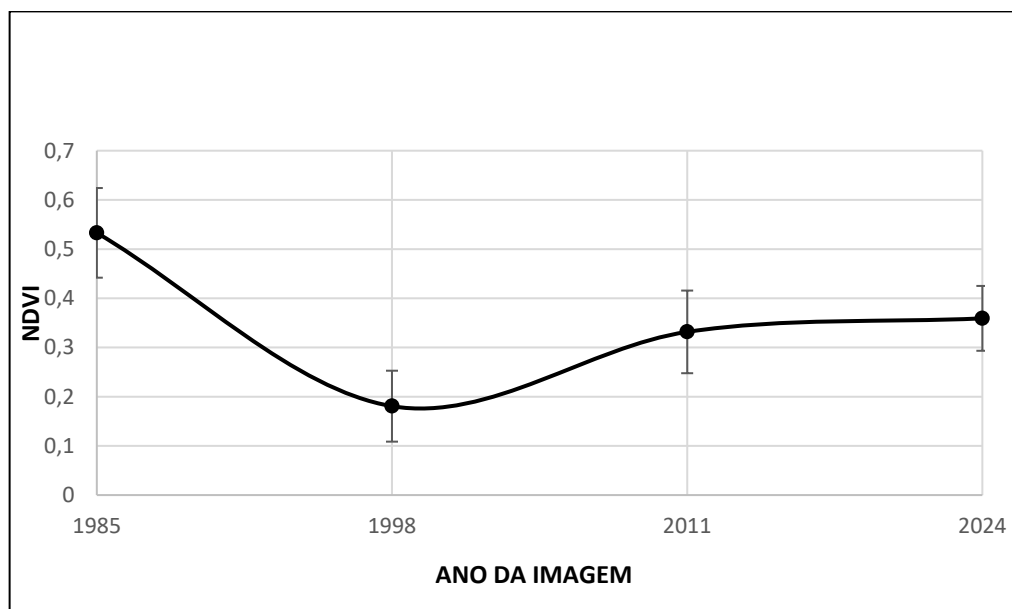
Figura 7. Percentual das classes de cobertura do solo nos anos de 1985, 1998, 2011 e 2024.



A Figura 8 demonstra os valores médios e desvio padrão do NDVI dos anos analisados, sendo possível verificar que houve uma grande variação dos valores médios das imagens de 1985 e 1998, sendo que 1985 apresentou a maior média dentre os anos analisados (0,533), o

que pode ser justificado devido a maior presença de vegetação densa e moderada, enquanto que 1998 apresentou a menor média (0,1807) e, em reação aos demais anos estes apresentaram valores médios próximos, 2011 (0,3317) e 2024 (0,3592). Ainda conforme o gráfico percebe-se que o desvio padrão varia de moderado nos anos de 1985 e 2024 a alta no ano de 1998.

Figura 8. Gráfico de valores médios e desvio padrão nos anos de 1985, 1998, 2011 e 2024.



A variação nos valores de desvio padrão das cenas ocorre devido a diferença dos índices, classes de cobertura, presentes na área, onde pode ser observado desde solo exposto até vegetação densa, o que por sua vez leva a uma variação significativa em relação aos valores de máximo e mínimo encontrado em cada imagem, causando uma grande variação entre a média e desvio padrão das imagens dos anos analisados.

Os valores médio e desvio padrão vão de encontro a resultados encontrados por Soares *et al.* (2019) em que se observou altos valores de média e desvio padrão analisando a vegetação da bacia hidrográfica do Rio Grande, sendo perceptível valores superiores no ano de 1985 devido a maior presença de área de Cerrado nativo.

Deste modo, percebe-se uma diferença significativa nas imagens analisadas, sendo que houve a modificação da vegetação para introdução da agricultura, o que causa uma serie de transformações na paisagem do perímetro irrigado Barreiras Norte.

5. CONCLUSÕES

A análise temporal do Perímetro irrigado Barreiras Norte, utilizando o índice de diferença Normalizada (NDVI), revelou a ocorrência da transformação da paisagem local ao longo do tempo.

Em 1985 houve a transição de uma área de Cerrado nativo para uma área de exploração agrícola nos anos subsequentes, sendo que ocorreu abertura de uma grande parte da área em 1998, com recuperação da cobertura em 2011 e 2024.

O NDVI demonstrou-se uma ferramenta capaz de avaliar a cobertura do solo e demonstrar as mudanças na vegetação ao longo do tempo de forma clara.

6. REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. - Brasília, 2021.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, 2017.

Arquivo shapefile referente ao perímetro de irrigação de Barreiras Norte, presente na área de atuação da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (Codevasf). Ano de 2020. Disponível em: <https://pirapora-1.codevasf.hub.arcgis.com/search?collection=Dataset> acesso em 21/02/2024.

Brasil. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 579

Brasil. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre a área de Reserva Legal, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 6854 desta Lei. Brasília, DF, 17 out. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm Acesso em: 29/04/2024.

BRASIL. **Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. Política Nacional de Irrigação**. Brasília: Planalto, 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm acesso em: 01/03/2024.

CODEVASF. Barreiras Norte, 2023. Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/linhas-denegocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/barreirasdo-norte> > acesso em: 18/03/ 2024.

CODEVASF. Barreiras Norte, 2018. Disponível em : [Projeto Público de Irrigação Barreiras Norte — Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba Codevasf](#) acesso em: 05/05/2024.

CHRISTOFIDIS, Demétrius. Evolução da irrigação no Brasil e no mundo. *In*: RODRIGUES, L. N e DOMINGUES, A. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília – DF, 2017. p. (109) – (130).

CUNHA, John E. de B. L. *et al*. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 539-548, 2012.

DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; CATEN, Alexandre Ten. Uso da terra dos biomas brasileiros e o impacto sobre a qualidade do solo. *Entre-Lugar*, v. 3, n.6, p 181-193, de 2012.

DANTAS, Joana d’Arc N. *et al*. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.16, n.1, p.18-26, 2012.

DOS SANTOS, C. A. P; SANO, E. E; SANTOS, P. S. Fronteira agrícola e a dinâmica de uso e ocupação dos solos no Oeste da Bahia. *ACTA geográfica*, v. 12, n.28, p.17-32, 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Geotecnologias e Geoinformação: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF, 2014.

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107363/1/500PGeotecnologias-e-geoinformacao-ed01-2014.pdf> acesso em 20/10/2022.

FACCO, Douglas Stefanello *et al.* Evolução das áreas agrícolas nos anos de 1989 a 2014 no município de Faxinal do Soturno RS, com subsidio de geotecnologias. *Geoambiente On-line*, n.30, p. 135 – 147, 2018.

FERREIRA, Zenaide Rodrigues; VIEIRA FILHO, José Eustáquio. Irrigação pública e fruticultura no Semiárido. *Revista de Política Agrícola*. v. 30, n. 1, p.34-50, 2021.

FONTANA, Denise Cybis *et al.* NDVI e alguns fatores de variabilidade. in: anais do XIX simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 2019, Santos. **Anais eletrônicos**. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/ndvi-e-alguns-fatores-de-variabilidade>> Acesso em: 16 de março de 2024.

FREITAS, Wallisson da S. RAMOS, M. M; COSTA, S.L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.12, n.4, p.343-349, 2008.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LUCENA NETTO, Ataíde Bento de. **Impactos das mudanças no uso do solo no Cerrado baiano em variáveis biofísicas do balanço de radiação por sensoriamento remoto**. 2021. 83f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Campina Grande, 2021.

OLIVEIRA, Jucileia Pereira de. **Principais impactos da agricultura no meio ambiente**. Posse - GO, 2016.

PEREIRA, Carlos Alexandre Zucchi; FERREIRA, Marcos Cesar. Análise multitemporal do desmatamento da vegetação do cerrado em uma área de fronteira agrícola: o caso do município de Barreiras, oeste da Bahia. *In: XXIX Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP – 2021*.

PONTES, Andrezza Graziella Veríssimo *et al.* Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, p. 3213-3222, 2013.

REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. *Interface Tecnológica*. v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020.

RIBEIRO, R. B.; FILGUEIRAS, R.; RAMOS, M. C. A.; ALMEIDA, L. T. de.; GENEROSO, T. N.; MONTEIRO, L. I. Variabilidade espaço temporal da condição da vegetação na agricultura irrigada por meio de imagens sentinela-2. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.11, n.6, p.1884-1893, 2017.

ROCHA FILHO, Gilson Brandão da *et al.* Potencial agroecológico do município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 09, n. 01, p. 172184, 2016.

RODRIGUES, L.G; MEIRELES, A.C.M; OLIVEIRA, C.W. Emprego do sensoriamento remoto para análise do uso e ocupação do solo no perímetro irrigado várzeas de Sousa-PB. Irriga, Botucatu, Edição Especial – Inovagri, v. 1, n. 4, p. 722-729, 2021.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia. v.16, p.81-90, 2005.

SANTOS, Leovigildo Aparecido Costa *et al.* Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. Revista Agro@mbiente. v. 11, n. 2, p. 111-118, 2017.

SANTOS, Bruna Pires dos *et al.* Agricultura e Irrigação no Brasil no cenário das Mudanças Climáticas. Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável, volume 1, número 2, 2022.

SANZONOWICZ, Cláudio. **Bioma Cerrado: solos**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo> acesso em: 15/04/2024.

SILVA JÚNIOR, Jorge da *et al.* **Matéria orgânica do solo em sistemas de produção agrícola e cerrado do oeste baiano**. 2019. 94f, Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

SILVA, Gabriel Novais. Revisão integrativa da aplicação de geoprocessamento em áreas afins da engenharia civil no estado de Sergipe. 2021.

SOARES, Rénilton de Carvalho Aragão *et al.* Análise multitemporal da vegetação na bacia hidrográfica do Rio Grande – BA. Anais do XIX **simpósio de Sensoriamento Remoto**, INPE- Santos, SP, 2019.

United States Geological Survey – USGS, 2024 disponível em: <[EarthExplorer \(usgs.gov\)](https://earthexplorer.usgs.gov)> acesso 03/02/2024.

VIGANÓ, H. A; BORGES, E.F; FRANCA-ROCHA, W.J.S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. **Anais: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1828.