



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GEOPROCESSAMENTO

WANDERSON JACOB COSTA

**ÍNDICES NDVI E VARI APLICADO A ANÁLISE MULTITEMPORAL EM
ÁREA DE PASTAGEM DE MANEJO INTENSIFICADO PARA BOVINOCULTURA
LEITEIRA NO MUNICÍPIO DE VILHENA -RO.**

COLORADO DO OESTE

2025



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GEOPROCESSAMENTO

WANDERSON JACOB COSTA

ÍNDICES NDVI E VARI APLICADO A ANÁLISE MULTITEMPORAL EM ÁREA DE
PASTAGEM DE MANEJO INTENSIFICADO PARA BOVINOCULTURA LEITEIRA
NO MUNICÍPIO DE VILHENA -RO.

Artigo científico apresentado ao curso pós-graduação lato sensu em geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista.

Orientador: Prof. Elaine Lima da Fonseca

COLORADO DO OESTE

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Costa, Wanderson Jacob.

Índices NDVI e VARI aplicado a análise multitemporal em área de
pastagem de manejo intensificado para bovinocultura leiteira no município de
Vilhena -RO. / Wanderson Jacob Costa, Colorado do Oeste-RO, 2025.
26 f. : il.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Elaine Lima da Fonseca.

Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Lato Sensu em
Geoprocessamento) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste-RO, 2025.

1. Índice de vegetação. 2. Sensoriamento remoto. 3. Pastagem. I. Fonseca,
Elaine Lima da (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na data 19/02/2025 realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **Índices NDVI e VARI aplicado a análise multitemporal em área de pastagem de manejo intensificado para bovinocultura leiteira no município de Vilhena -RO**, apresentada pelo aluno **Wanderson Jacob Costa (2022204170001)** do Curso **Pós-Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento (Colorado do Oeste)**. Os trabalhos foram iniciados às **13:30** pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Elaine Lima da Fonseca** (Orientadora)
- **Raphael dos Santos Gomes** (Examinador Interno)
- **Calina Grazielli Dias Barros** (Examinadora Interna)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[X] APROVADO Nota: 95

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Elaine Lima da Fonseca** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

COLORADO DO OESTE / RO, 19/02/2025

Documento assinado eletronicamente por **Wanderson Jacob Costa**, Discente, em 25/02/2025, às 15:45, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Elaine Lima da Fonseca**, Orientador, em 25/02/2025, às 14:11, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Raphael dos Santos Gomes**, Examinador Interno, em 25/02/2025, às 14:11, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Calina Grazielli Dias Barros**, Examinador Interno, em 25/02/2025, às 15:47, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

RESUMO

O sensoriamento remoto e demais ferramentas tecnológicas permitem o monitoramento e avaliação de paisagens e áreas agrícolas, podendo ser importante ferramenta na avaliação da qualidade e degradação de pastagens. O aumento na produtividade da produção animal, em especial a produção leiteira está relacionada com a adoção de boas práticas aliada ao gerenciamento da propriedade. O objetivo do trabalho foi realizar uma análise multitemporal em uma propriedade de bovinocultura leiteira em implantação de sistema de pastejo intensificado, entre os anos de 2019 e 2023, no município de Vilhena/RO. Por meio da análise de imagens do Sentinel 2 através dos índices de vegetação NDVI e VARI, foi possível observar que a pastagem se comportou de forma distinta conforme a disponibilidade hídrica, sendo nos períodos chuvosos, os maiores índices NDVI e VARI indicando vegetação de melhor qualidade e sanidade, enquanto nos períodos de seca os índices foram inferiores nas áreas não manejadas, refletindo maior degradação. Nas áreas manejadas, os índices NDVI e VARI se mantiveram superiores em relação às áreas não manejadas, independentemente da condição pluviométrica, evidenciando a importância de práticas como irrigação, adubação e divisão de piquetes. Portanto, apesar da disponibilidade hídrica ser um fator essencial para a qualidade das pastagens, o manejo adequado é igualmente importante, pois, reduz significativamente a degradação, possibilitando a produção de pastagem para alimentação da bovinocultura leiteira ao longo de todo o ano.

Palavras-chave: Índice de vegetação, sensoriamento remoto, pastagem.

ABSTRACT

Remote sensing and other technological tools enable the monitoring and evaluation of landscapes and agricultural areas, serving as important instruments for assessing pasture quality and degradation. Increased productivity in animal production, particularly dairy production, is closely linked to the adoption of best practices combined with effective property management. Thus, the objective of this study was to perform a multi-temporal analysis of a dairy cattle farm implementing an intensified grazing system between 2019 and 2023 in the municipality of Vilhena, Rondônia, Brazil. Using Sentinel-2 imagery, the NDVI and VARI vegetation indices were applied to observe pasture behavior in relation to water availability. In managed areas, NDVI and VARI indices remained higher compared to unmanaged areas, regardless of rainfall conditions, highlighting the importance of practices such as irrigation, fertilization, and paddock division. Although water availability is an essential factor for pasture quality, proper management is equally critical, as it significantly reduces degradation and allows for greater forage production.

Keywords: Vegetation index; Remote sensing; Pasture quality.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 9 |
| 2.1 | Descrição da área de estudo | 9 |
| 2.2 | Descrição da área de estudo | 11 |
| 3 | RESULTADOS | 13 |
| 4 | DISCUSSÃO | 20 |
| 5 | CONCLUSÃO | 22 |
| | REFERÊNCIAS | 24 |

1 INTRODUÇÃO

A utilização de geotecnologias tem permitido acompanhar a evolução e a dinâmica de paisagens que se modificam tanto por processos naturais quanto por ações antrópicas. A compreensão da organização do espaço agrícola ao longo do tempo, por meio de análise multitemporal, permite avaliar a influência de fatores climáticos na agropecuária e identificar diferenças entre os estádios fenológicos das culturas, as épocas de preparo do solo, plantio, colheita, além de entender formas de manejo de determinadas áreas.

Essas ferramentas tecnológicas, como sensores remotos e sistemas de informações geográficas (SIG), permitem o monitoramento constante e preciso das áreas agrícolas. Elas possibilitam a identificação de alterações na cobertura vegetal e na saúde das culturas, ajudando na tomada de decisões mais informadas sobre o uso da terra e a alocação de recursos. Além disso, a análise de dados geoespaciais pode contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis, que visam minimizar os impactos ambientais e otimizar a produção agrícola.

Entretanto, conforme esclarecem Ferreira e Magalhães (2015), nem sempre é possível obter imagens livres de nuvens, e, por isso, combinar técnicas de geoprocessamento com trabalhos de campo mensais é essencial para acompanhar e compreender a dinâmica de manejo das culturas agrícolas em uma propriedade rural. A análise multitemporal é um recurso que permite avaliar como a cobertura vegetal de uma determinada área se comporta em relação aos manejos adotados e aos fenômenos naturais.

Uma das formas de avaliação da cobertura vegetal, por meio do sensoriamento remoto, é a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI). O índice calcula as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, gerando resultados de pixels que podem variar de -1 a 1. Este índice de vegetação possui a capacidade de minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida que, quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal, onde 0 representa um valor aproximado para ausência de vegetação e abaixo de 0 representa alvos não vegetais (Rego *et al.*, 2012).

Segundo Noronha (2022), valores do índice NDVI entre 0,66 e 1 indicam vegetação muito sadia, valores entre 0,33 e 0,66 correspondem a uma vegetação moderadamente sadia, valores entre 0,2 e 0,33 são de vegetação com algum tipo de deficiência, e valores abaixo de 0 indicam alvos não vegetais.

Outro índice relevante para a análise da cobertura vegetal é o Índice de Vegetação Atmosféricamente Resistente Visível (Visible Atmospherically Resistant Index - VARI). Este índice é particularmente eficaz em áreas agrícolas, pois utiliza bandas do espectro visível (verde, vermelho e azul), sendo útil em condições em que o NDVI pode apresentar limitações, como em áreas com baixa vegetação ou em situações de alto impacto atmosférico (Oliveira, 2024). Por sua simplicidade e eficiência, o VARI pode ser aplicado para destacar a vegetação, especialmente em regiões onde a disponibilidade de dados infravermelhos é limitada.

Essas informações são especialmente relevantes em estudos no estado de Rondônia porque a bovinocultura é uma atividade que gera receitas significativas, sendo responsável por grande parte da renda de agricultores e pecuaristas, especialmente em áreas rurais. Além de ser uma atividade que emprega diretamente milhares de pessoas, desde trabalhadores rurais envolvidos no manejo do gado até profissionais de transporte, comercialização e processamento industrial.

O estado de Rondônia, segundo dados do IDARON (2024), registrou aumento na produção leiteira, liderando o ranking de maior produtor de leite na região Norte e o 10º maior produtor do Brasil, sendo a produção leiteira a principal atividade econômica em mais de 25,9 mil propriedades rurais, gerando centenas de empregos nos demais segmentos da cadeia. O município de Vilhena, por sua vez, possui 161.665 unidades de animais (IDARON, 2024) e o rebanho de bovino leiteiro de 8.617 cabeças apresenta produção média diária de 16.573 litros no município.

O aumento na produção e produtividade na pecuária leiteira, ocorridos em períodos recentes, deve-se muito pelo melhoramento genético animal e vegetal, assim como pela melhoria na adoção de procedimentos de boas práticas de manejo agrícola e no gerenciamento do processo produtivo (Peixoto *et al.*, 2023). Conforme Barcellos *et al.* (2008) a intensificação de pastagens pode ser adotada como melhoria, pois se trata de uma alternativa de exploração sustentável capaz de minimizar a pressão sobre a abertura de novas áreas para produção agropecuária, desde que baseada no uso eficiente dos recursos, na recuperação de áreas degradadas e na aplicação de tecnologias que otimizem insumos.

Segundo Hott *et al.* (2022), é através da identificação e qualificação das áreas de pastagens, e cruzamento com variáveis edafoclimáticas e socioeconômicas, que podemos retratar geograficamente as condições ambientais, antecipar variáveis produtivas e projetar ações de recuperação dos pastos ou de avanços na produção de forragens.

Ainda segundo o autor, o sensoriamento remoto contém um conjunto de técnicas, procedimentos e metodologias, que podem ser empregadas na tarefa de avaliação de extensas porções territoriais devido ao uso de imagens de satélite ou dados derivados das propriedades físicas da matéria (Hott *et al.*, 2022). Assim, a investigação de uma área de vegetação por meio de processos físicos e biofísicos relacionados à radiação solar refletida, e captada por sensores a bordo de plataformas orbitais, possibilita a análise espaço-temporal necessária à compreensão do processo de desenvolvimento da vegetação.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a análise multitemporal da dinâmica de produção de fitomassa em uma propriedade rural cuja atividade principal é a bovinocultura leiteira em sistema de pastejo intensificado. Este estudo visa fornecer subsídios para otimizar a produção agropecuária, promover práticas sustentáveis e melhorar a gestão de recursos naturais, contribuindo para a sustentabilidade e a eficiência da bovinocultura leiteira na região de Vilhena/RO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo corresponde a uma propriedade rural particular localizada no município de Vilhena-RO, sob a latitude 12°44'2,0" Sul e longitude 60°9'29" Oeste e altitude média de 594 metros acima do nível do mar. O município está localizado entre as bacias hidrográficas dos rios Machado, Roosevelt, Camararé e Guaporé, na mesorregião Leste Rondoniense e microrregião de Vilhena, a aproximadamente 708 km da capital Porto Velho.

A área de estudo está distante aproximadamente 15,5 km do centro urbano de Vilhena-RO (Figura 1). Possui área de 12 hectares, dos quais 2 hectares são atualmente ocupados com pastagem de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) em manejo intensificado para alimentação de vacas e novilhas em estado de lactação. A bovinocultura leiteira é, portanto, a principal atividade desenvolvida na propriedade.

De forma geral, o clima da região é classificado como do tipo Aw - tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen (Godinho; Utumi; Da Silva, 2002). De acordo com Fonseca (2024), a temperatura média anual do ar apresenta-se elevada e uniforme ao longo do ano, com variação média de 24 a 26 °C (Vieira *et al.*, 2014). O período da seca caracteriza-se por três meses com pluviosidade inferior a 50 mm (junho, julho e agosto), baixa amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diária.

A vegetação predominante na área é caracterizada como floresta ombrófila/floresta estacional. Segundo Fonseca (2017), este tipo de contato é caracterizado pela ocorrência conjunta de espécies e feições em mosaico de florestas ombrófilas e estacionais. Ocorre na chapada dos Parecis, sobre solos férteis, como terra roxa estruturada. O dossel é irregular, onde a parte estacional é bem mais aberta do que o componente de floresta ombrófila.

Os solos são classificados, em sua maioria, como Neossolo Quartzarênico Órtico de textura arenosa (Figura 2), conforme o (IBGE, 2006). Os Neossolos são naturalmente suscetíveis a perda de solo por evento hídrico e apresentam altos índices de compactação quando submetidos a pastejo intensivo (Fonseca, 2017; 2024).

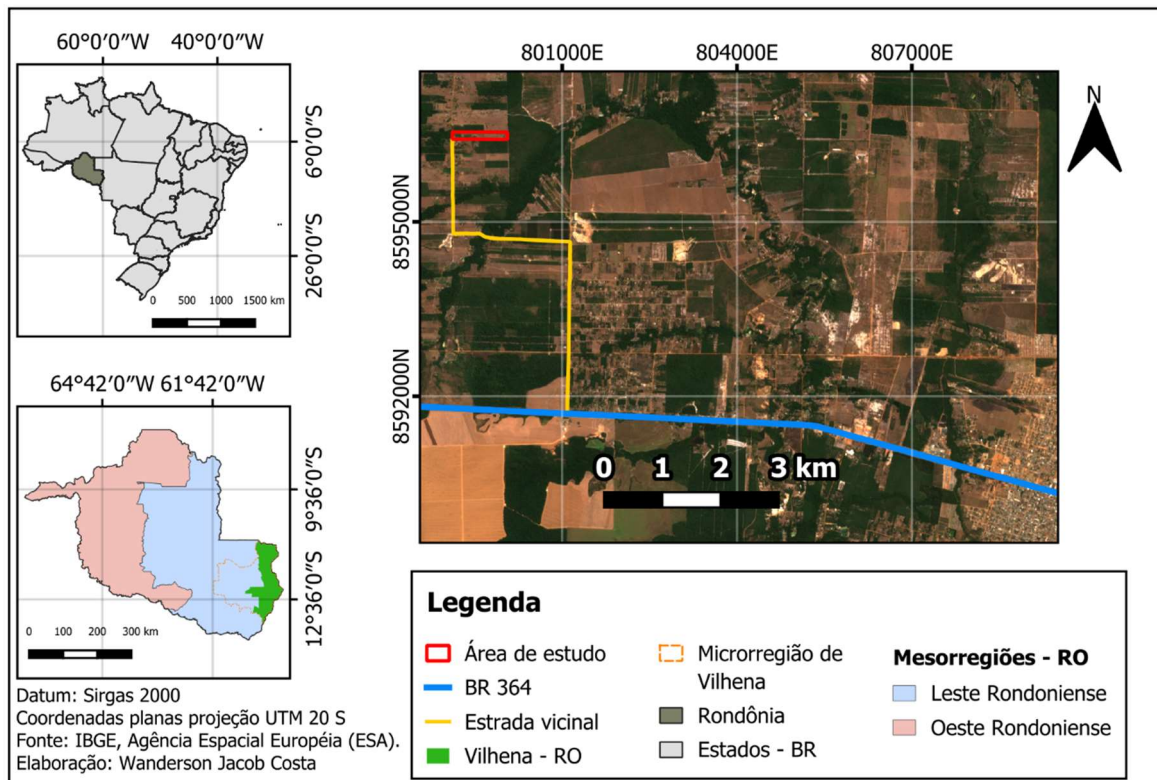


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.

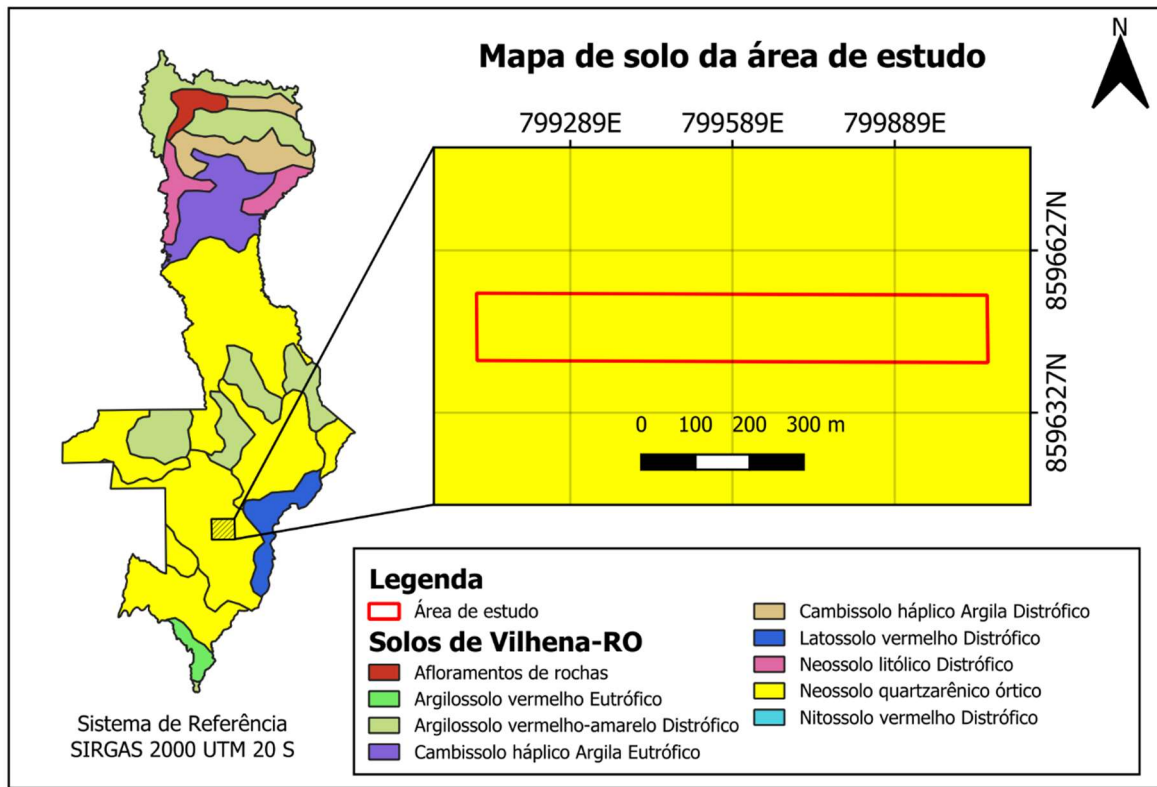


Figura 2 - Mapa de solos da área de estudos.

Em meados de 2019, o proprietário decidiu otimizar a produção leiteira com o auxílio de técnicos que implementaram a metodologia do programa Balde Cheio da Embrapa. Dessa forma, o produtor começou a realizar atividades como gestão da propriedade, divisão da área em piquetes, correção do solo, adubação e manejo de pastagens, otimização da dieta dos animais e adoção de um sistema de irrigação. Cada uma dessas atividades foi inserida gradualmente na propriedade, acompanhando a evolução do conhecimento e das práticas do produtor. O programa Balde Cheio é uma metodologia de transferência de tecnologia que visa capacitar profissionais da assistência técnica, extensão rural e pecuaristas em técnicas, práticas e processos agrícolas, zootécnicos, gerenciais e ambientais (Malagutti, 2020).

2.2 Descrição da área de estudo

A dinâmica temporal foi obtida a partir de imagens referentes aos anos de 2019 (sendo a primeira imagem do mês de agosto, período em que se iniciou a assistência técnica) a 2023, livres de nuvens. As imagens foram adquiridas pelo satélite Sentinel-2B, disponibilizadas pela

Agência Espacial Europeia (ESA), por meio do programa Copernicus (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>), o qual integra o Programa de Observação da Terra da União Europeia. A escolha dessa rede de satélites, ocorreu devido a resolução espacial de 10 metros e temporal de 10 dias sendo adequadas para o tamanho da área de estudo.

As imagens foram pré-processadas por meio da correção atmosférica utilizando o método Dark Object Subtraction (DOS1), com o auxílio do software QGIS, versão 3.34.6-Prizren, e da ferramenta Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Após o pré-processamento, foram geradas composições de dois índices de vegetação: o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e o Visible Atmospherically Resistant Index (VARI), cujas fórmulas estão descritas a seguir:

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

Em que:

NIR: corresponde à banda 8 da imagem Sentinel-2, que fornece informações do infravermelho próximo.

R: corresponde à banda 4, que representa as informações da faixa do vermelho.

$$VARI = \frac{G - R}{G + R - B}$$

Em que:

G: corresponde à banda 3, que fornece informações da faixa do verde.

R: corresponde à banda 4, que fornece informações da faixa do vermelho.

B: corresponde à banda 2, que fornece informações da faixa do azul.

Ambos os índices foram utilizados para analisar a dinâmica temporal da vegetação, fornecendo informações complementares sobre a saúde e densidade da cobertura vegetal ao longo do período estudado. O processamento das imagens e a aplicação dos índices tiveram como objetivo identificar mudanças temporais de forma precisa e replicável.

Todas as etapas realizadas na análise seguem o fluxograma abaixo (Figura 3):

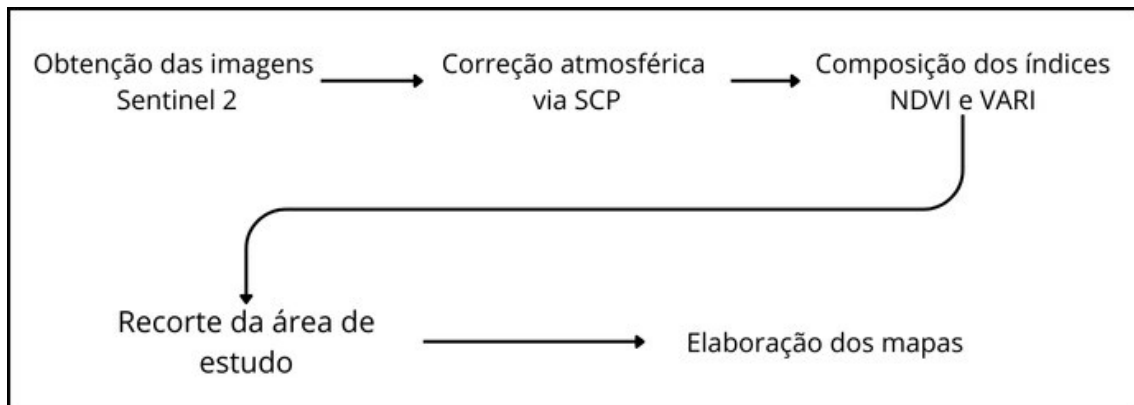


Figura 3 - Fluxograma de processamento das imagens.

3 RESULTADOS

Os índices de vegetação NDVI e VARI, referentes ao período de 2019 a 2023, aplicados na avaliação do comportamento das áreas de pastagem sob sistema de manejo intensificado, apresentaram resultados que apontaram mudanças significativas na quantidade de forragem disponível ao longo dos anos, associadas à implementação do manejo intensivo.

Em 2019 (Figura 4), período em que a assistência técnica foi iniciada entre os meses de julho e agosto, os índices NDVI apresentaram valores baixos nas imagens de agosto, refletindo as condições típicas do período seco na região. Durante o período chuvoso, observou-se o aumento nos valores de NDVI em toda a extensão da propriedade, indicando uma melhoria na sanidade da pastagem. No entanto, os maiores valores concentraram-se nas áreas submetidas ao manejo intensivo, evidenciando os impactos positivos das práticas implementadas.

O índice VARI (Figura 5) também destacou as áreas de pastagem que apresentavam deficiência na cobertura vegetal, indicando regiões com menor densidade de vegetação em agosto de 2019. Com o início do manejo intensivo, incluindo a correção do solo e a divisão em piquetes, a imagem de outubro de 2019 revelou um aumento nos índices de vegetação, especialmente nas áreas manejadas, onde os efeitos das práticas implementadas foram mais evidentes.

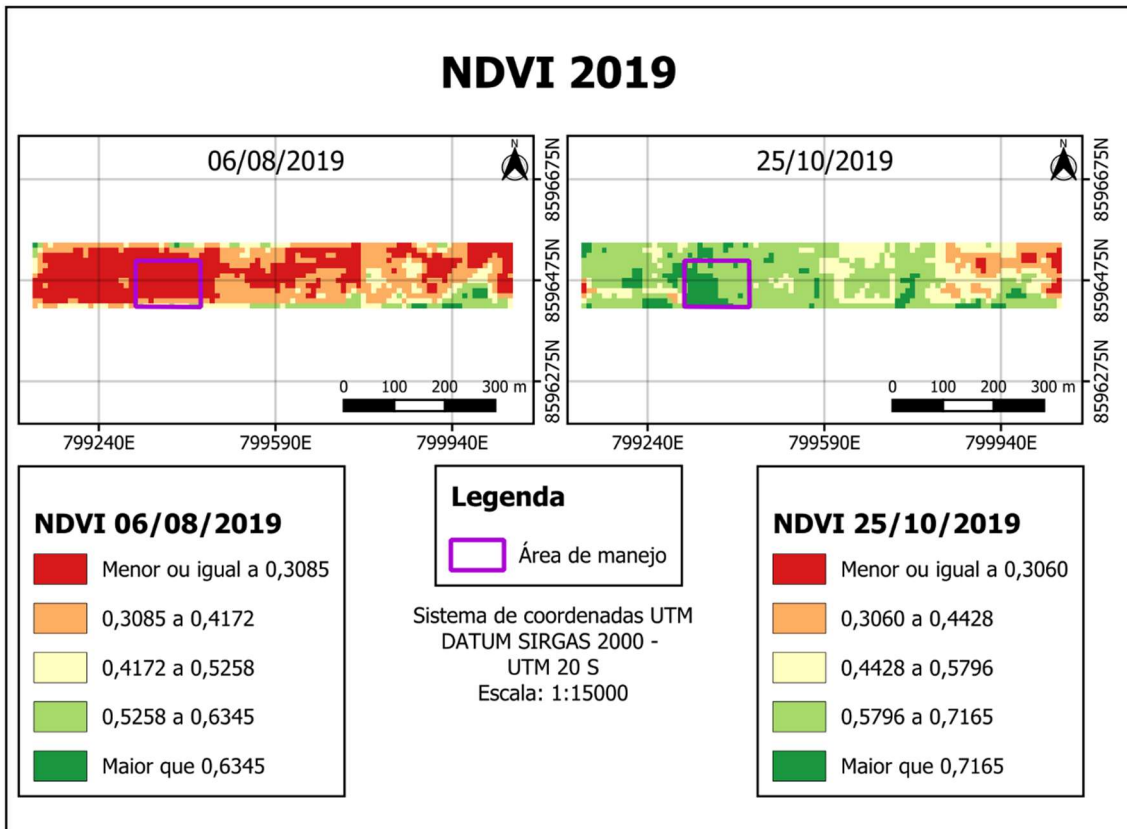


Figura 4 - Índice de NDVI ano 2019.

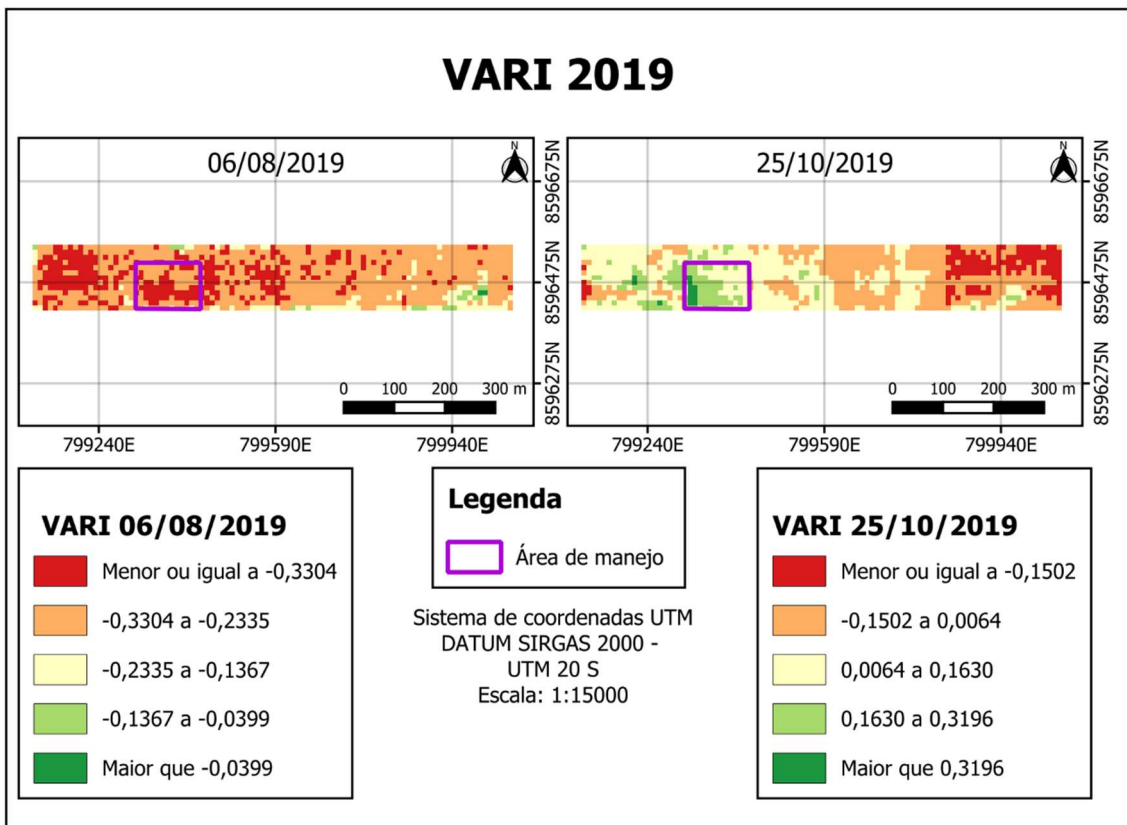


Figura 5 - Índice VARI ano 2019.

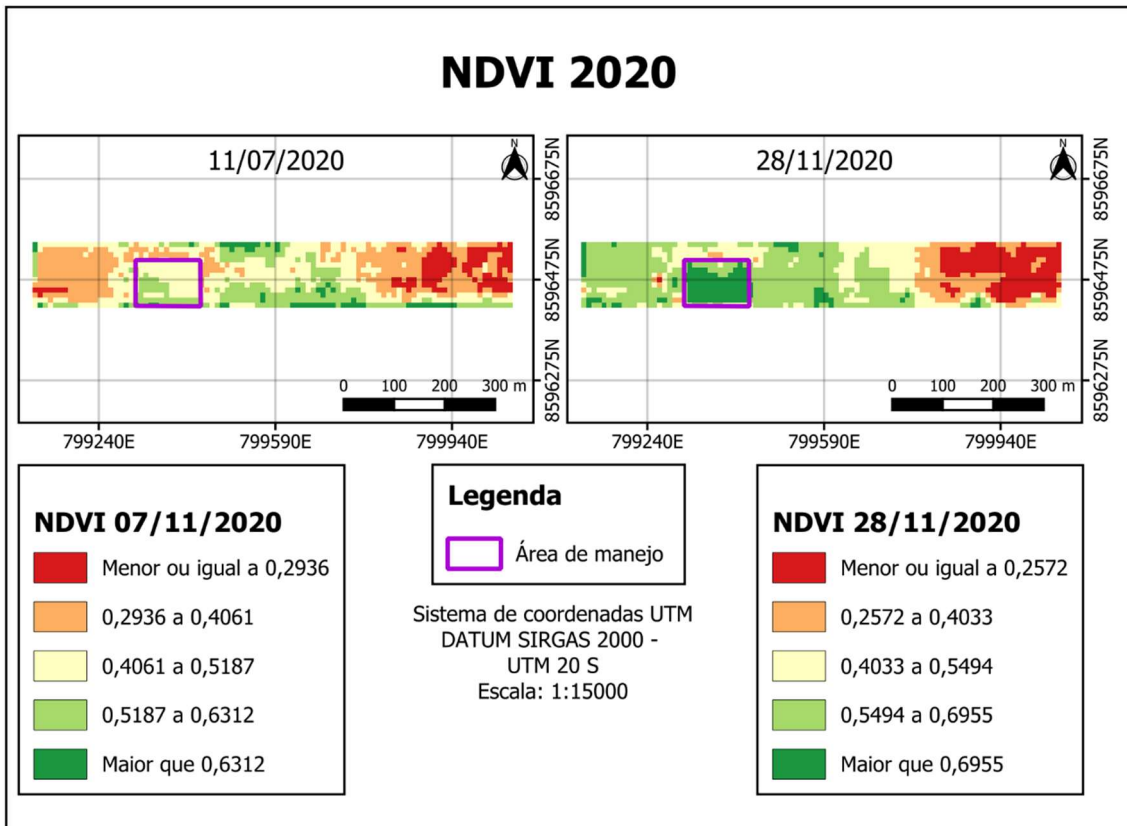


Figura 6 - Índice NDVI ano 2020.

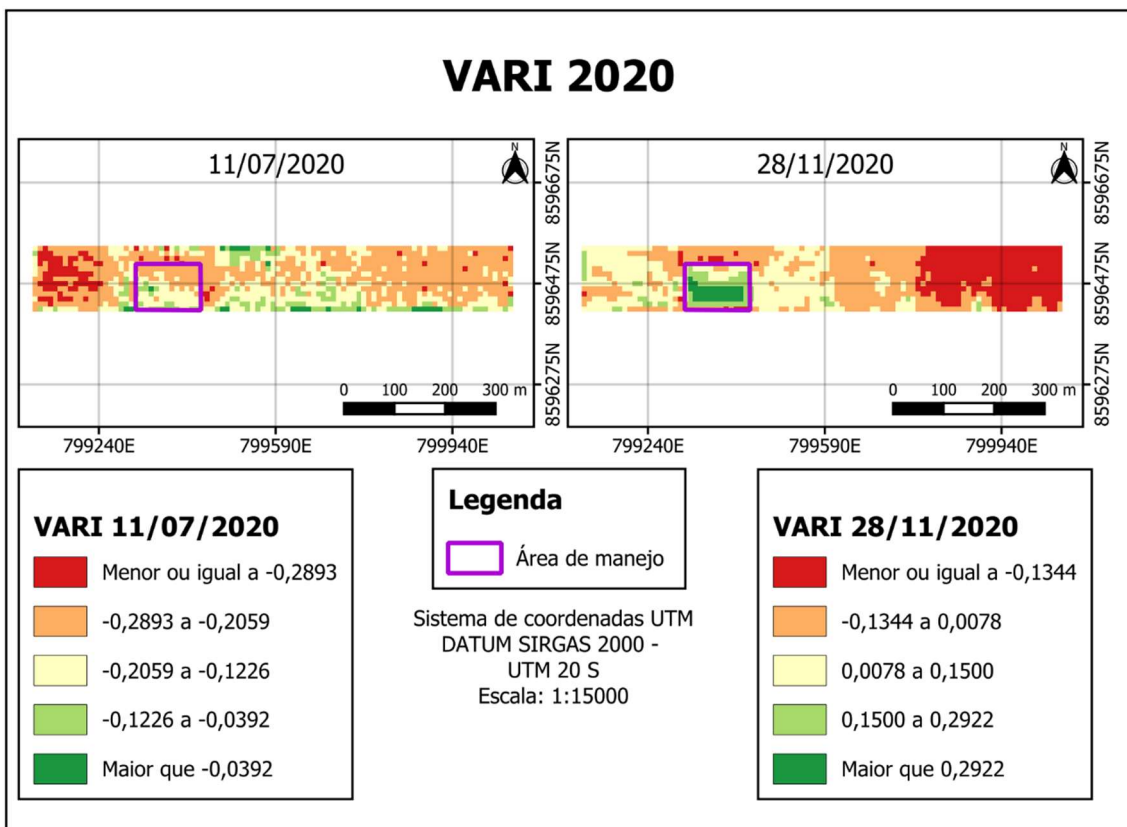


Figura 7 - Índice VARI ano 2020.

Durante o ano de 2020, observou-se que a propriedade obteve valores superiores para o índice NDVI durante o período de seca na região (Figura 6), quando comparada ao ano anterior.

As áreas manejadas, entretanto, demonstram resiliência, com valores de NDVI (Figura 6) e VARI (Figura 7) superiores no período de estiagem ou verão amazônico como é conhecido na região. Os maiores índices ocorreram em função da introdução de um sistema de irrigação no mês de agosto. Essa melhoria fica visível nas imagens processadas, destacando a eficácia das práticas de intensificação na pastagem.

Nas imagens de 2021 o índice de vegetação NDVI (Figura 8) durante o mês de julho, se manteve com valores melhores que o ano anterior para o mesmo período na maior parte da propriedade. Já no período chuvoso correspondente ao mês de outubro (Figura 8) é possível identificar uma nova área de pastejo intensificado com valores elevados para o índice NDVI demonstrando boa sanidade da vegetação.

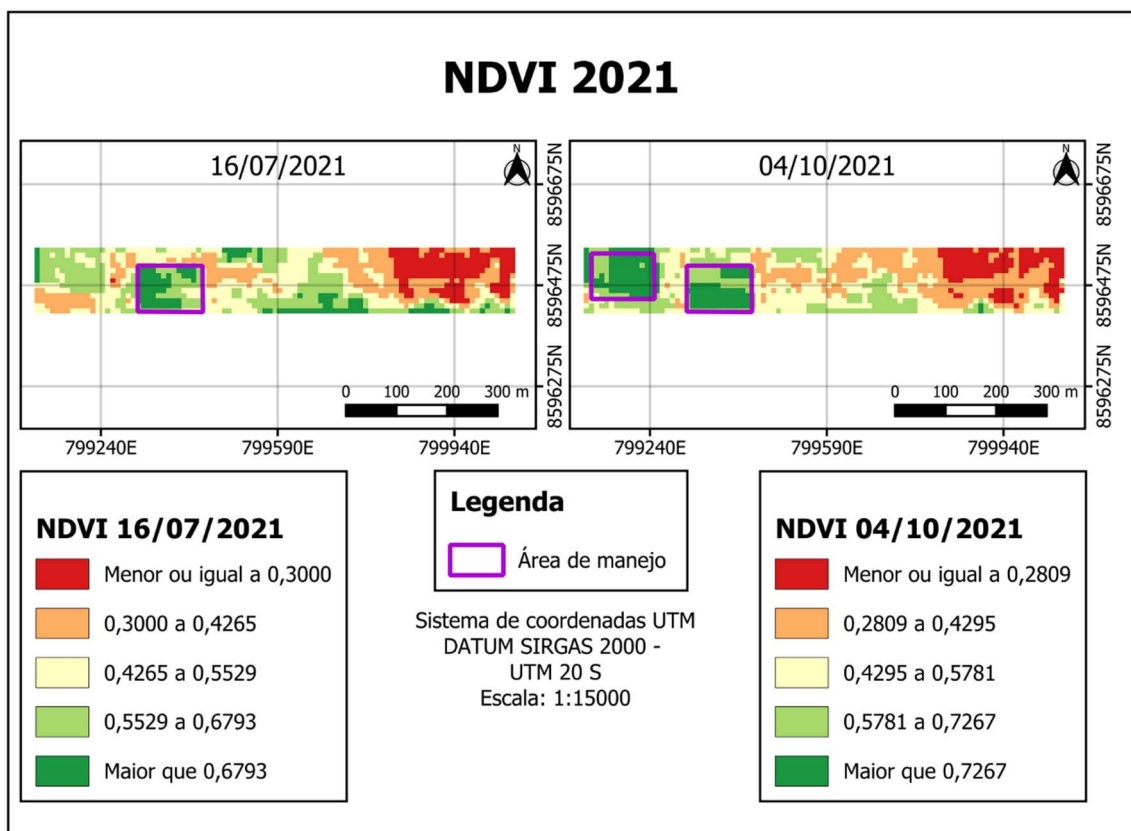


Figura 8 - Índice NDVI ano 2021.

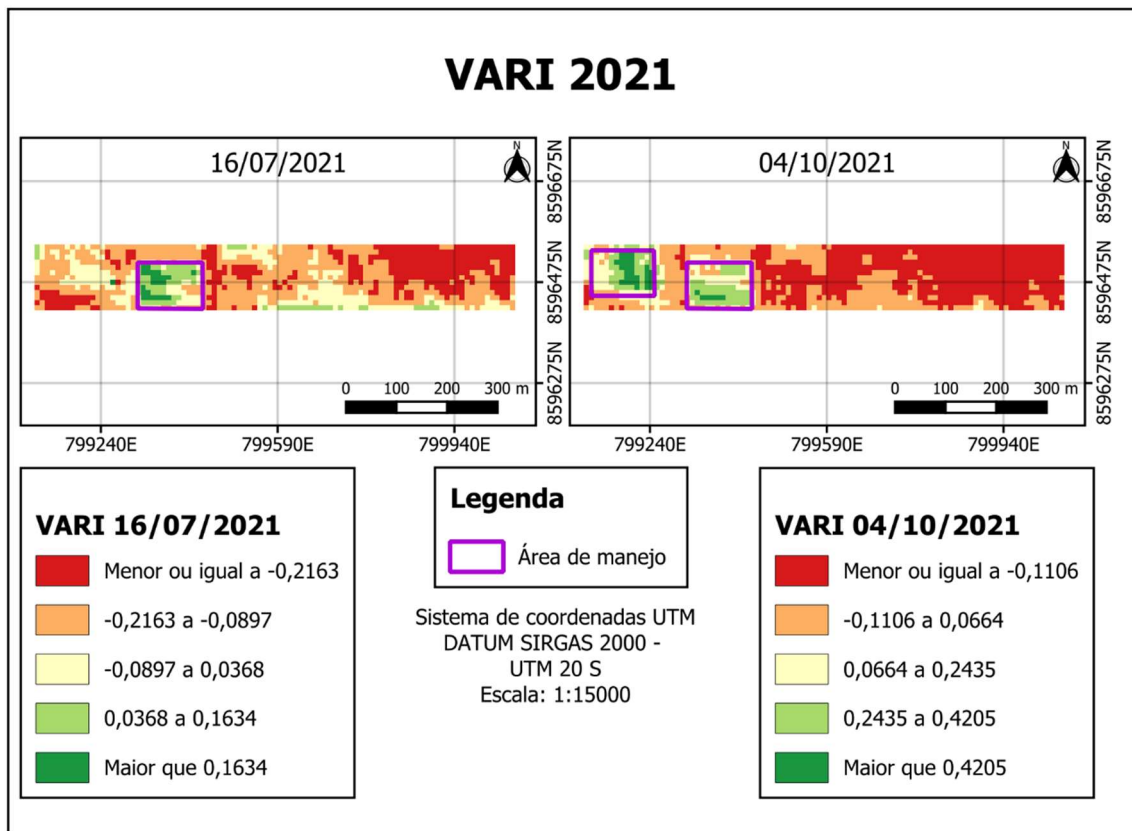


Figura 9 - Índice VARI ano 2021.

Com relação ao índice VARI para o ano de 2021 (Figura 9), é possível observar maior destaque para as áreas de pastagem intensificada, evidenciando a eficácia do manejo.

No ano de 2022, o comportamento dos índices de vegetação nas áreas manejadas e não manejadas segue um padrão semelhante ao ano anterior. Durante a seca, o declínio nos valores de NDVI (Figura 10) e VARI (Figura 11) nas áreas não manejadas é mais acentuado, enquanto as áreas intensificadas mantêm índices que indicam boa cobertura vegetal. Mesmo no período de seca, as áreas manejadas continuam a apresentar valores superiores dos dois índices, demonstrando a eficácia das práticas de intensificação da pastagem.

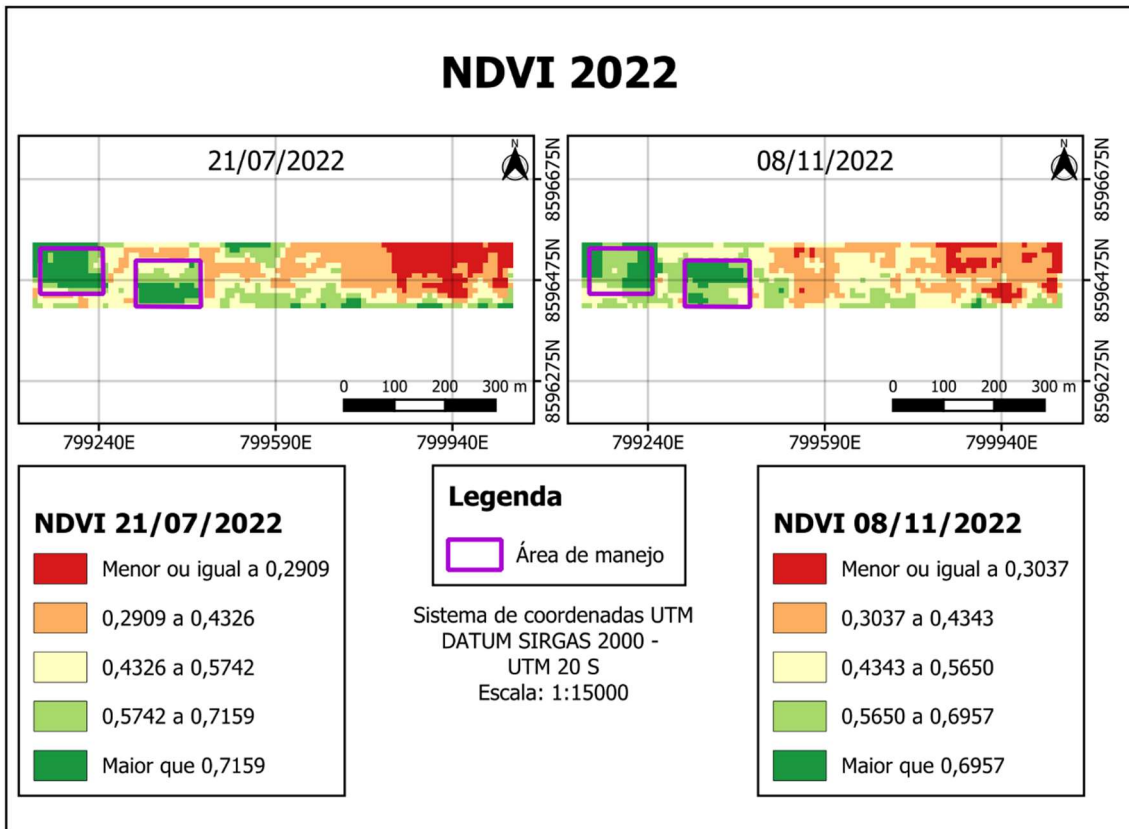


Figura 10 - Índice NDVI ano 2022.

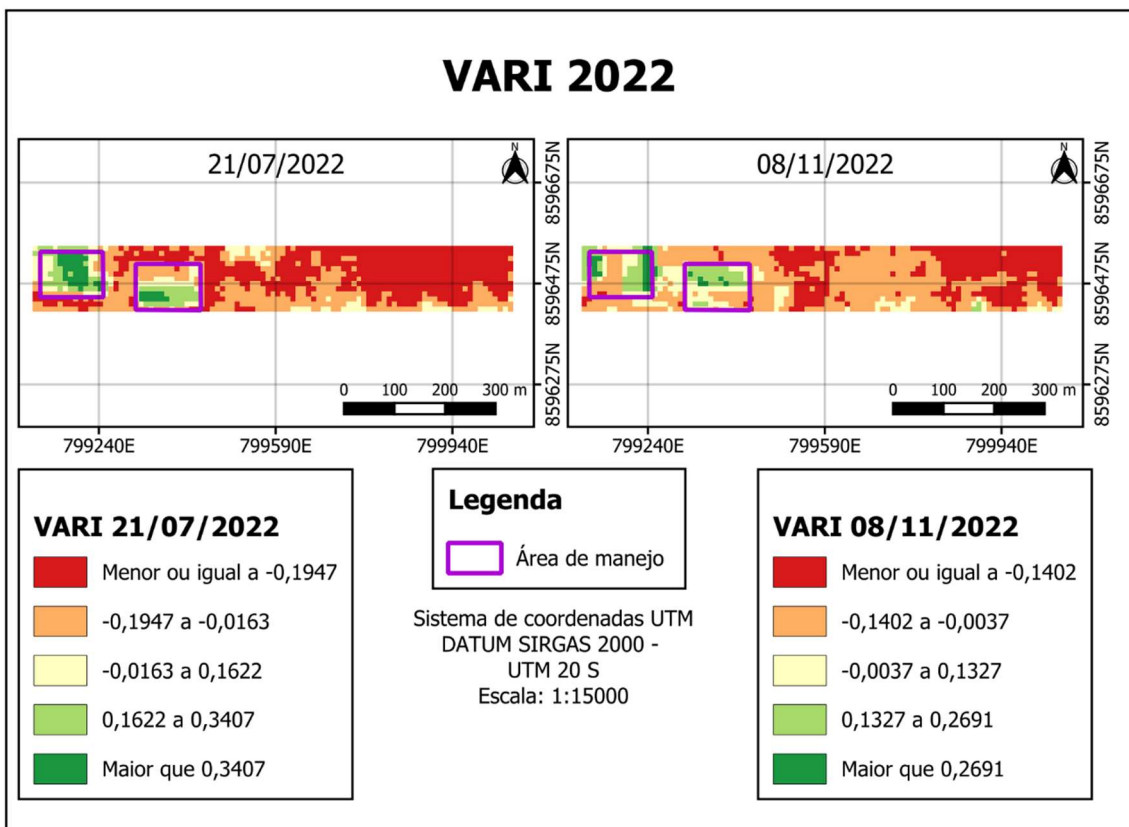


Figura 11 - Índice VARI ano 2022.

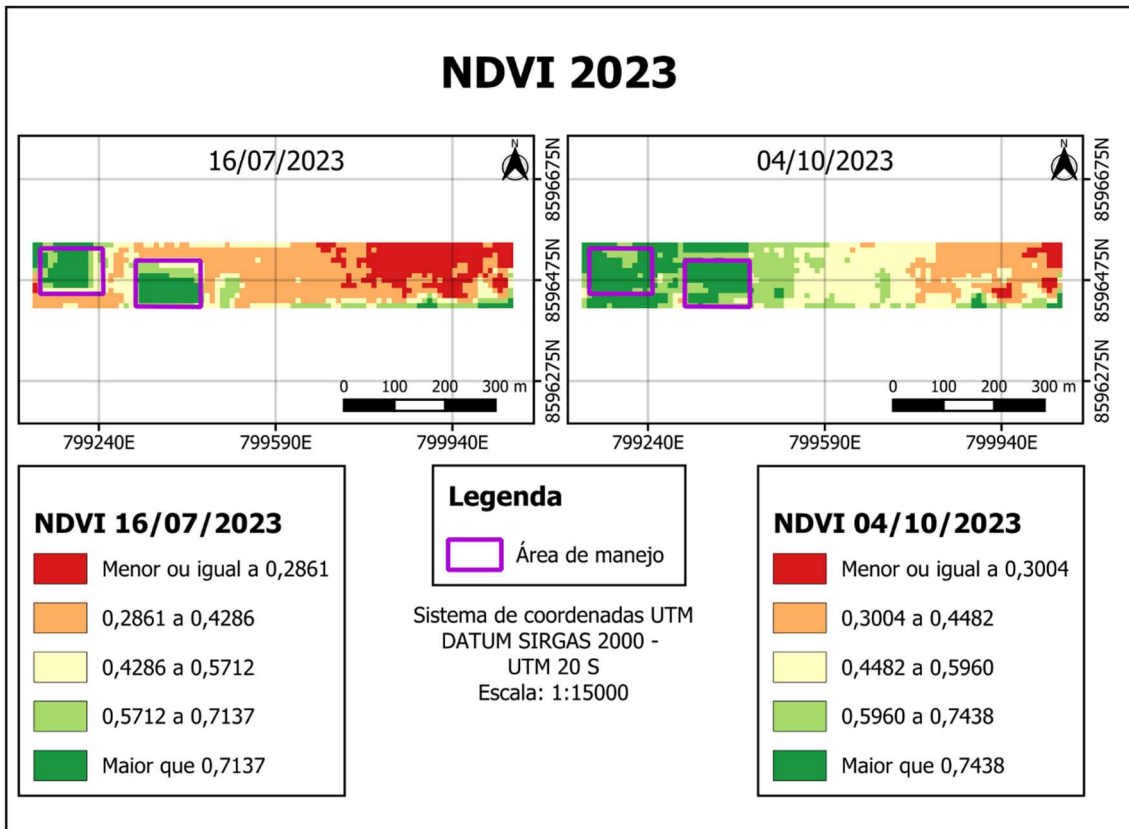


Figura 12 - Índice NDVI ano 2023.

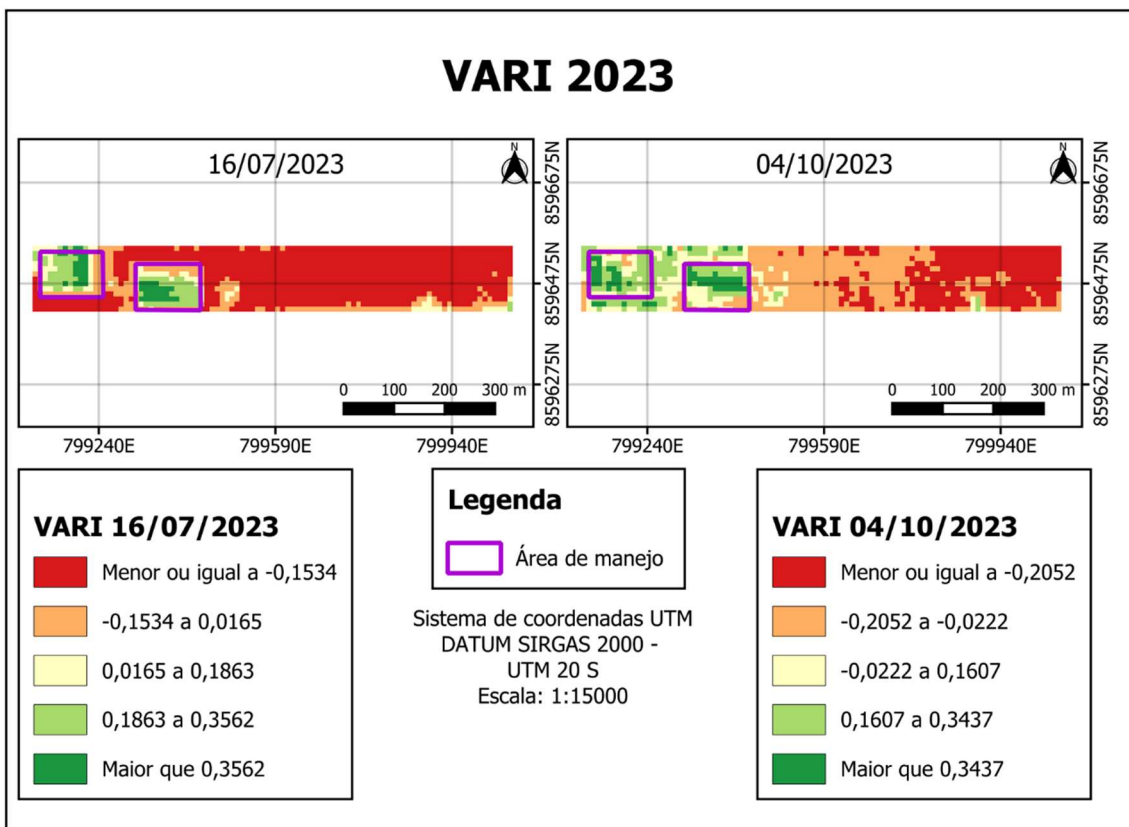


Figura 13 - Índice VARI ano 2023.

Em 2023, os resultados permanecem consistentes com os anos anteriores. Durante o período chuvoso, os índices NDVI (Figura 12) e VARI (Figura 13) demonstraram boa cobertura vegetal nas áreas manejadas e deficiente nas áreas não manejadas. Durante a seca, as áreas de manejo intensivo mantiveram valores mais altos, indicando maior resistência e eficácia do sistema intensificado.

4 DISCUSSÃO

Os índices de vegetação, NDVI e VARI, empregados na presente análise atenderam satisfatoriamente as expectativas e demonstraram que as técnicas de manejo são eficientes para manutenção da qualidade de forragem e na manutenção da produção leiteira em períodos de estiagem. A redução da oferta de capim para o gado nos períodos de inverno, que compreende os meses de junho, julho, agosto e setembro, afeta significativamente a produção de gado no estado devido a limitação no crescimento das plantas forrageiras, na redução da taxa de fotossíntese e o estresse hídrico que resultam em menor produção de biomassa (Embrapa, 2021).

Entretanto, a partir da intensificação e do manejo das pastagens, observa-se que a dinâmica nos vigores vegetativos foi robusta. Segundo Garcia (2014), além da presença de pastagens degradadas, uma provável causa dos baixos índices de NDVI é a deficiência hídrica, especialmente em solos arenosos. Essa relação foi confirmada pelos resultados de 2019, que mostram índices reduzidos de NDVI (Figura 4) durante o período seco e aumentos significativos no período chuvoso. O índice VARI, por sua vez, destacou-se pela capacidade de identificar áreas com vegetação em regeneração nas áreas manejadas, mesmo sob a influência de fatores atmosféricos (Oliveira, 2024). Rinaldi e Rosa (2022), também analisando o ano de 2019, observaram que os valores máximos de NDVI ocorreram no verão, quando há maior volume de chuvas, corroborando os aumentos observados em áreas manejadas durante o período úmido.

Em 2020, os índices NDVI (Figura 6) e VARI (Figura 7) apresentaram queda nas áreas não manejadas durante o período seco, enquanto as áreas sob manejo intensificado mantiveram valores superiores. A análise do VARI indicou que a vegetação nas áreas irrigadas apresentou maior vigor visual em comparação com as áreas não manejadas. Boratto e Gomide (2013), ao

caracterizarem a cobertura vegetativa da região norte de Minas Gerais, observaram valores de NDVI entre 0,70 e 0,94 durante o período úmido, devido à maior disponibilidade hídrica, resultados que se alinham aos das áreas manejadas neste estudo.

Em 2021, as melhores médias de NDVI (Figura 8) continuaram a ser observadas nas áreas irrigadas, independentemente das condições pluviométricas. O índice VARI (Figura 9) reforçou esse comportamento, indicando maior uniformidade na cobertura vegetal nas áreas manejadas. Esses resultados corroboram com Alvarenga et al. (2015), que apontaram que sistemas intensivos apresentam maiores índices de vegetação, enquanto sistemas extensivos apresentam índices menores. Em agosto desse ano, foi iniciada a irrigação em uma nova área de manejo intensificado, o que foi evidenciado pela melhoria dos índices NDVI e VARI nas imagens de outubro de 2021 (Figuras 8 e 9).

No ano de 2022, mesmo durante o período chuvoso, foi possível observar um declínio nos índices NDVI (Figura 10) nas áreas não manejadas, indicando degradação da pastagem. Por outro lado, nas áreas manejadas, os índices mantiveram-se elevados, demonstrando os efeitos positivos das práticas de intensificação. O índice VARI (Figura 11) evidenciou áreas com vegetação saudável em maior detalhe, mesmo em condições adversas, graças à sua menor sensibilidade a efeitos atmosféricos. Sampaio et al. (2020) ressaltam que o NDVI está relacionado à quantidade de biomassa e ao teor de pigmentos, destacando que áreas com maior produção apresentam valores mais elevados, como observado nos mapas deste estudo.

Nas imagens de julho de 2023, que correspondem ao período de seca, os índices NDVI (Figura 12) e VARI (Figura 13) declinaram significativamente nas áreas não manejadas, indicando deficiência na vegetação. Já nas áreas intensificadas, os índices permaneceram elevados, confirmando a sanidade da pastagem mesmo em condições desfavoráveis. Com o início do período chuvoso, as imagens de outubro de 2023 mostram aumento nos índices de vegetação nas áreas não manejadas; no entanto, as áreas de manejo intensivo continuaram a apresentar os valores mais altos. Fonseca et al. (2018) encontraram resultados similares em propriedades que empregaram práticas como pastejo rotacionado, irrigação, calagem e adubação, demonstrando a eficácia dessas intervenções na manutenção da qualidade das pastagens.

Quanto a aplicações de NDVI em análises de degradação de pastagens, Fonseca et al. (2018) demonstraram que o NDVI é eficaz na identificação de diferentes classes de degradação, como extremamente degradada, fortemente degradada, moderadamente degradada, levemente

degradada e não degradada. Os dados observados nas imagens corroboraram a precisão do NDVI em refletir a quantidade de fitomassa, que está diretamente relacionada aos níveis de degradação.

Souza e Giango (2022) reforçaram que a aplicação de séries temporais do NDVI permite a análise de diferentes práticas de manejo. Essa análise ajuda a otimizar a produção e a qualidade das pastagens, além de avaliar as condições de crescimento, desenvolvimento vegetativo, nível de degradação e mudanças no uso e cobertura do solo ao longo do tempo. Esses dados são essenciais para análises quantitativas e qualitativas da cobertura vegetal. De maneira complementar, o uso do VARI pode fornecer perspectivas adicionais sobre a saúde das culturas, mesmo em condições de baixa densidade vegetativa, aprimorando a precisão das análises multitemporais.

Esses avanços tecnológicos não apenas melhoram a gestão da vegetação, mas também são fundamentais para otimizar a produção agropecuária, especialmente em atividades como a bovinocultura no estado de Rondônia. Assim, os índices NDVI e VARI demonstram, de forma complementar, a relevância das práticas de intensificação no aumento da resiliência e produtividade das pastagens, especialmente em condições de maior restrição hídrica.

5 CONCLUSÃO

Os índices de vegetação NDVI e VARI se mostraram ferramentas complementares e eficazes para analisar o comportamento da vegetação entre os anos de 2019 e 2023 em uma propriedade que passou por mudanças significativas no manejo de pastagem.

O NDVI permitiu identificar padrões claros de variação na vegetação ao longo das estações, com maiores índices observados durante os períodos chuvosos. Em contrapartida, durante os períodos secos, o índice destacou a degradação nas áreas não manejadas, enquanto as áreas irrigadas e manejadas mantiveram valores superiores, evidenciando a eficácia do manejo intensivo.

Já o VARI, por sua menor sensibilidade a interferências atmosféricas, complementou as análises ao fornecer maior detalhamento sobre a distribuição da vegetação em condições adversas.

Os resultados demonstram que a vegetação se comporta de maneira distinta de acordo com a precipitação, mas que práticas como irrigação, correção de solo, adubação e divisão em piquetes desempenham um papel fundamental na manutenção da qualidade da pastagem. As áreas manejadas e irrigadas mostraram maior resiliência, mantendo melhores condições de sanidade e controle da degradação, mesmo em épocas de maior restrição hídrica.

Portanto, a combinação do NDVI e VARI pode demonstrar a eficácia das intervenções de manejo intensivo, fornecendo uma base para o monitoramento e a tomada de decisões em sistemas de produção sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, S. V. R.; NOGUEIRA, S. F.; BAYMA-SILVA, G.; QUARTAROLI, C. F.; VICTORIA, D. de C. Discriminação de sistemas de produção em pecuária por meio de EVI-2 derivado do sensor Worldview-2. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2015. 1 CD-ROM. CIIC 2015.
- BARCELLOS, A. de O., RAMOS, A. K. B., VILELA, L., JUNIOR, G. B. M. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 (suplemento especial) p.51-67, 2008.
- BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. 2013. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- FERREIRA, V. de O.; MAGALHÃES, M. V. P. Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) à Análise Multitemporal da Dinâmica de Áreas Agrícolas no Alto Curso da Bacia do Rio Uberabinha, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v.25, n.4 4, p. 149-164, 2015.
- FONSECA, E.L.; LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P. NDVI aplicado na detecção de degradação de pastagens cultivadas» **Confins** [Online], 35 | 2018, URL: <http://journals.openedition.org/confins/13180>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.13180>.
- FONSECA, E.L. **Processos erosivos em superfícies tabulares com evolução de voçorocamento em áreas de pastagens cultivadas (Braquiária brizantha cv. marandu) no município de Colorado do Oeste – Rondônia**. Dissertação (Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2017.
- FONSECA, E.L. **Erosão de solo em ambiente amazônico: aplicações de modelagens preditivas**. Curitiba : CRV, 2024. 156 p.
- GARCIA, J. C. Apropriação da Natureza no Município de Uberlândia: Alternativas sustentáveis para o uso da água em assentamentos rurais. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.6, n.17, p. 29-51, out. 2014.
- GODINHO, V. de P.C.; UTUMI, M.M.; Da SILVA, M.J.G. **Aspectos agroclimáticos do Município de Vilhena-RO**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2002.
- HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; JUNIOR, W. C. P. de M. **Gestão Territorial Na Cadeia Produtiva Do Leite**. Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite, p. 1-6– Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

IBGE. **Solos**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/15829-solos.html?=&t=downloads>>. Acesso em 12 Ago, 2024.

IDARON. **Rondônia registra aumento na produção leiteira em 2023 e lidera o ranking de maior produtor de leite na região Norte**. Porto Velho, 2024. Disponível em: <https://www.idaron.ro.gov.br/index.php/2024/02/23/rondonia-registra-aumento-na-producao-leiteira-em-2023-e-lidera-o-ranking-de-maior-produtor-de-leite-na-regiao-norte/>. Acesso em: 13 Jul, 2024.

IDARON. **Dados Agropecuários**. Porto Velho, 2024 Disponível em: <<https://www.idaron.ro.gov.br/index.php/relatorios-e-formularios/>>. Acesso em: 13 Jul, 2024.

MALAGUTTI, A. M. **Relatório de avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela EMBRAPA**. São Carlos-SP: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2020.

OLIVEIRA, R. K. **Avaliação de cultivos por meio de índices de vegetação obtidos por câmera multiespectral**. Tese (doutorado) – USP/ Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, p. 45-46.

PEIXOTO, M. G.C.D.; ANDRADE, R.G.; ÁVILA, M.de F. **Alguns desafios de se produzir leite em condições de clima tropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

NORONHA, A.H. **NDVI e planejamento da Lavoura**. 3tentos, 2022. Disponível em: <https://www.3tentos.com.br/triblog/post/85>. Acesso em: 03 Jun, 2024.

REGO, S.C.A.; LIMA, P.P.S.; LIMA, M.N.S.; MONTEIRO, T.R.R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, V.2, N.4, p.1217 – 1229, 2012.

RINALDI, L.A.; ROSA, H.A. Perfil temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em uma área de pastagem. **Rev. Cultivando o Saber**, Volume 15 – 2022. p. 215 – 223.

SAMPAIO, H.S.; BOURSCHEIDT, V.; SARRACINI, L.H.; JORGE, L.A.C.; BETTIOL, G.M.; BERNARDI, A.C.C. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (VANT) e satélite. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 14(2) 111-124, 2020.

SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L.; PAULA, J. B. de; ARAUJO, F. A. S. EMBRAPA GADO DE CORTE. **Produção de forragem e manejo em períodos de seca**. Campo Grande, MS. 2021. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1134030/manejo-da-pastagem>> Acesso em 13 Jul, 2024.

SOUSA, L.F.A.de; GIONGO, P.R. Revisão de Literatura: Uso de geoprocessamento na Avaliação da Degradação de Pastagens. **Revista Sapiência**. V11, N01, p.01-16, agosto de 2022. 022.