

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**CARACTERIZAÇÃO MULTIESPECTRAL DA CULTURA DA PITAYA
(*Hylocereus polyrhizus*) EM DIFERENTES FASES FISIOLÓGICAS**

MARCOS MENEZES PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
OUTUBRO – 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

MARCOS MENEZES PEREIRA

“Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Ariston de Lima Cardoso

Co-Orientador: Leone Ricardo de Carvalho
Santana

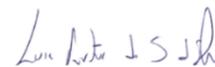
**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
OUTUBRO – 2023**

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MARCOS MENEZES PEREIRA



Prof. Dr. Ariston de Lima Cardoso
UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)



Prof. Msc. Luiz Artur dos Santos da Silva
UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Documento assinado digitalmente
gov.br OSSIVAL LOLATO RIBEIRO
Data: 31/10/2023 09:36:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
OUTUBRO – 2023**

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT¹.....	5
1.0 INTRODUÇÃO.....	6
2.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
2.1 Área de estudo.....	9
2.2 Coleta de dados multiespectrais.....	10
2.3 Processamento dos dados coletados.....	13
3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
3.1 Avaliação da cultura em fase reprodutiva.....	16
3.2 Avaliação da cultura em fase vegetativa.....	20
3.3 Comparação entre as condições fisiológicas vegetativa e reprodutiva...23	
4.0 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

RESUMO¹

CARACTERIZAÇÃO MULTIESPECTRAL DA CULTURA DA PITAYA EM DIFERENTES FASES FISIOLÓGICAS

O cultivo da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*), planta da família Cactaceae originária das regiões tropicais e subtropicais da América, desperta crescente interesse no mercado brasileiro devido ao seu potencial econômico e rentabilidade em pequenas áreas. No entanto, o cultivo extensivo enfrenta desafios com pragas e doenças, demandando abordagens eficazes como a agricultura de precisão com o uso de drones equipados com câmaras multiespectrais. O estudo realizado na Fazenda Beira Rio, Valença - BA, avaliou a variedade Roxa do Pará em uma área de 1.848 m², com objetivo de analisar as condições da cultura em diferentes fases fisiológicas através do índice NDVI. As imagens foram processadas e os dados foram avaliados planta a planta. Na fase reprodutiva, o índice médio foi de 0,47545, indicando plantas saudáveis, enquanto na fase vegetativa, o índice médio foi significativamente maior, atingindo 0,72732, denotando um vigor vegetal mais acentuado. A fase vegetativa se caracteriza pelo crescimento ativo da planta, resultando em maior atividade fotossintética e metabólica, enquanto na fase reprodutiva, os frutos tornam-se os principais drenos de fotoassimilados, reduzindo o vigor da planta. A comparação entre as fases revela uma redução de 65,37% no índice NDVI na fase reprodutiva em relação à vegetativa. A cultura apresenta maior uniformidade na fase vegetativa, demonstrando condições fisiológicas mais homogêneas. Em contrapartida, na fase reprodutiva, são observadas diferenças significativas entre as plantas, indicando um desafio para o manejo da cultura nesse estágio. A análise do NDVI se mostra uma ferramenta eficiente para avaliar o estado fisiológico das plantas em diferentes fases, permitindo a identificação de plantas com menor vigor vegetal para a implementação de ações corretivas. Portanto, a utilização dessa técnica representa uma contribuição importante para o manejo preciso e eficaz da cultura da pitaya, promovendo um cultivo mais sustentável e produtivo.

Palavras-chave: agricultura de precisão; gestão agrícola; geotecnologias; NDVI.

¹ Artigo/Monografia formatado (a) de acordo com as normas da revista/ABNT XXXXX

ABSTRACT¹

MULTISPECTRAL CHARACTERIZATION OF PITAYA CULTURE IN DIFFERENT PHYSIOLOGICAL PHASES

The cultivation of pitaya (*Hylocereus polyrhizus*), a plant belonging to the Cactaceae family native to the tropical and subtropical regions of the Americas, has been garnering increasing interest in the Brazilian market due to its economic potential and profitability in small areas. However, extensive cultivation faces challenges with pests and diseases, requiring effective approaches such as precision agriculture using drones equipped with multispectral cameras. The study conducted at Fazenda Beira Rio, located in Valença - BA, evaluated the Roxa do Pará variety in an area of 1,848 m², aiming to analyze the conditions of the crop in different physiological phases through the NDVI index. The images were processed, and the data were evaluated plant by plant. In the reproductive phase, the average index was 0.47545, indicating healthy plants, while in the vegetative phase, the average index was significantly higher, reaching 0.72732, indicating more pronounced vegetative vigor. The vegetative phase is characterized by active plant growth, resulting in higher photosynthetic and metabolic activity, whereas in the reproductive phase, the fruits become the main sinks for photoassimilates, reducing plant vigor. The comparison between the phases reveals a 65.37% reduction in the NDVI index in the reproductive phase compared to the vegetative phase. The crop shows greater uniformity in the vegetative phase, demonstrating more homogeneous physiological conditions. In contrast, in the reproductive phase, significant differences are observed between plants, indicating a challenge for crop management at this stage. The analysis of NDVI proves to be an efficient tool for assessing the physiological state of plants in different phases, allowing the identification of plants with lower vegetative vigor for the implementation of corrective actions. Therefore, the use of this technique represents an important contribution to the precise and effective management of pitaya cultivation, promoting a more sustainable and productive crop.

Keywords: precision agriculture; agricultural management; geotechnologies; NDVI.

1.0 INTRODUÇÃO

Segundo Le Bellec (2006) a pitaya é uma planta pertencente à família Cactaceae, originária da América tropical e subtropical, que apresenta principalmente duas espécies comerciais: a de casca amarela (*Selenicereus megalanthus*) e a de casca vermelha (*Hylocereus undatus*), podendo ter variações em relação à cor da polpa.

Caracterizada como uma trepadeira perene, requer estruturas de suporte para sustentação, que podem ser construídas com diferentes materiais, como madeira, concreto, ferro ou até mesmo troncos de árvores. Para Lima (2013) são espécies facilmente adaptáveis a ambientes extremamente quentes ou áridos, característica própria da espécie, em que apresenta ampla variação anatômica com elevada capacidade fisiológica de conservar água, a qual tem a modificação caulinar comumente chamada de cladódio.

O cultivo da pitaya ocorre em regiões subtropicais e tropicais da América Latina, na natureza pode ser encontrada em alguns países como México, Venezuela, Colômbia, Brasil, Costa Rica e Equador. Além dos países citados acima, espécies cultivadas de Pitaya podem ser encontradas na Bolívia, Panamá, Curaçao, Uruguai, Peru e Vietnã (Santarrosa, 2013). No Brasil, é comum serem encontradas espécies de pitaya, dos gêneros *Selenicereus* e *Hylocereus*, em estágio nativo, no Cerrado e na Caatinga (Junqueira et al., 2002).

O fruto dessa cultura é exótico e tem chamado a atenção do mercado brasileiro, apresentando grande potencial econômico e possibilitando boas rentabilidades mesmo em pequenas áreas de produção. O mercado da pitaya é altamente valorizado e tem como principais finalidades o consumo *in natura*, a industrialização e a extração de corante natural (Nepomoceno, 2019).

Com o mercado em constante crescimento, a pitaya tem sido muito bem recebida pelo público consumidor, permitindo o aumento das áreas de produção para atender tanto o mercado interno quanto a exportação para outras nações.

Apesar do sucesso produtivo, o cultivo extensivo da pitaya em grandes extensões de solo tem levado ao surgimento e à disseminação de pragas e doenças. A concentração de plantas em áreas consideráveis propicia um ambiente para o desenvolvimento e a propagação desses problemas fitossanitários, representando um desafio para os produtores. Os métodos de

controle para esses problemas podem incluir fungicidas, acaricidas, inseticidas ou adubação sob necessidade, de forma a aumentar a resistência das plantas.

Segundo Pontes, et al., (2023) a EMBRAPA (2022) afirma que, por mais que se note a presença de insetos na pitaya, eles podem não se comportar como praga, pois a pitaya tem se mostrado relativamente tolerante, isto significa que se a planta estiver saudável e bem nutrida, a presença de insetos não chega a lhe causar danos econômicos, tanto quanto, não irá apresentar problemas na produção e desenvolvimento devido ao equilíbrio nutricional quando o cultivo estiver bem manejado.

Para identificar esses problemas, os produtores realizam a análise agrônômica planta por planta de forma manual. Porém, os métodos tradicionais de avaliação da vegetação da pitaya são problemáticos devido ao custo, ao tempo necessário, à falta de eficiência e à demanda por mão de obra.

O uso de tecnologias avançadas, juntamente com técnicas agrícolas eficazes propiciadas pela agricultura de precisão está contribuindo para melhorar a eficiência da produção agrícola. Segundo Lamparelli (2016), a agricultura de precisão é definida como um conjunto de técnicas que permitem fazer um manejo localizado nos cultivos, prevendo a otimização dos insumos da produção, utilizando técnicas que buscam o melhor rendimento da cultura.

Na agricultura de precisão o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou Drones é vantajoso. De acordo com Zhao, et al., (2018) a utilização desses veículos, juntamente com sensores multiespectrais, vem se tornando uma ferramenta de extrema importância para a coleta de dados e o monitoramento agrícola de forma rápida e eficiente.

A análise de cultura é um dos principais usos do drone na agricultura, realizando detecção de pragas e doenças, excesso ou escassez de irrigação e nutrição, falhas no plantio, dentre outras análises, através de câmeras especiais que capturam imagens e índices. Quando equipados com câmaras multiespectrais, os drones têm se mostrado uma ferramenta valiosa para diversas culturas (Zhao, 2018).

Essas câmeras capturam imagens em diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas, permitindo monitorar a saúde das plantas, avaliar o crescimento, realizar um manejo preciso e determinar o momento ideal de fazer os tratamentos culturais, otimizando o seu cultivo. O drone sobrevoa a cultura capturando

imagens que em softwares são organizadas cronologicamente, possibilitando verificar o seu desenvolvimento (Bastos, 2015).

O uso de drones na agricultura de precisão tem focado no uso de sensores baseados na espectroscopia de refletância, ou seja, medindo por reflexão da radiação eletromagnética (REM) seguindo da interação das diferentes superfícies em diferentes comprimentos de onda, providas do chamado espectro refletido, mais especificamente abrangendo a região do espectro visível (400-700 nm), infravermelho próximo (700-1300 nm) e infravermelho de ondas curtas (1.3-2.5 μm). Aplicando esses sensores na agricultura, as imagens multiespectrais possibilitam estudos detalhados das coberturas vegetais e espécies, associados a diversas propriedades fisiológicas e estruturais das plantas (VARSHNEY et al., 2004).

Com o uso de sensores espectroscópicos, é possível realizar mapeamentos e extrair informações da vegetação, que podem ser utilizados para a construção de modelos capazes de estimar com precisão dados sobre o extrato vegetal da área estudada (Dashpurev et al., 2021).

Dentre as informações obtidas pelas imagens estão os índices de vegetação, geralmente, a vegetação em bom desenvolvimento vegetativo absorve a radiação na região do visível, nos comprimentos do azul (450 nm) e vermelho (700 nm), pelos fotossistemas da planta para a realização da fotossíntese.

A resposta dos dados espectrais é mais relevante quanto mais desenvolvida estiver a planta, portanto, o índice de vegetação reflete o estado de desenvolvimento da cultura, bem como a probabilidade de rendimento. Dentre os índices mais utilizados atualmente destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), bastante utilizado nos estudos de caracterização e monitoramento da vegetação. Possui uma escala de variação linear entre -1 e 1 , é indicador da quantidade e condição da vegetação, estando ligado diretamente ao tipo, a densidade e umidade da superfície (Brito, et al., 2015).

A utilização do NDVI na cultura da pitaya pode ser extremamente benéfica para os produtores, além de economizar custos ao reduzir o uso excessivo de fertilizantes/defensivo, essa técnica contribui para um aumento de rendimento das colheitas. Portanto, o uso inteligente do NDVI, em conjunto com drones, não apenas otimiza a produção agrícola, mas também promove práticas de cultivo mais sustentáveis e eficientes.

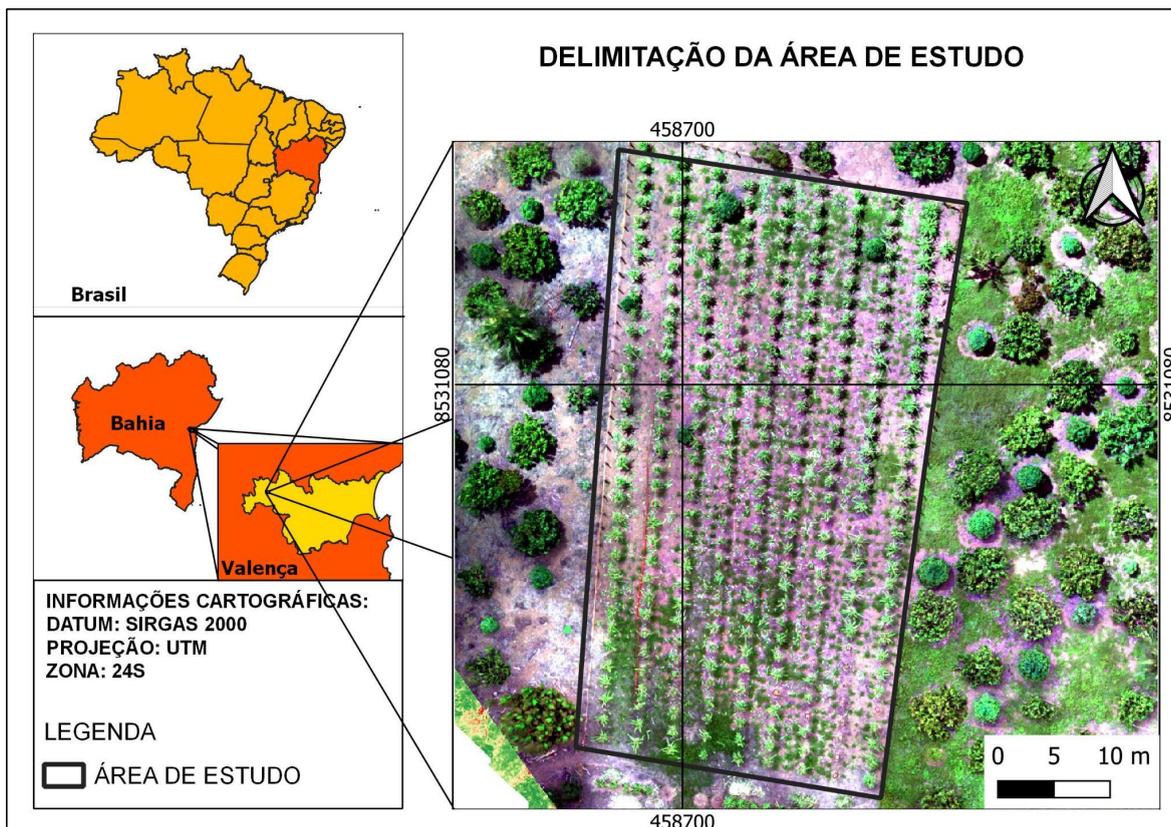
Dessa forma, o trabalho visa avaliar e validar o uso de imageamento multiespectral na vegetação da pitaya variedade Roxa do Pará por meio do uso de câmaras multiespectrais alocadas em VANTs em áreas de cultivo localizadas no município de Valença, Bahia, através do índice espectral NDVI. Foi realizada a comparação de índices coletados nas diferentes fases fisiológicas, produtiva e vegetativa, proporcionando uma avaliação em diferentes condições de cultivo, visando ampliar as possibilidades de manejo fitossanitário e produtivo da cultura da pitaya.

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Beira Rio, situada no município de Valença - BA, Latitude: -13.287489, Longitude: -39.381213 13° 22' 26" Sul, 39° 4' 3" Oeste, a qual possui uma altitude média de 9 metros. As condições climáticas apresentam uma temperatura média anual de 24,3°C, com precipitação de 1.434mm, umidade do ar média de 83%, caracterizando um clima tropical úmido. A estação quente abrange o período entre dezembro e abril, registrando temperaturas médias diárias acima dos 31°C, enquanto a estação chuvosa inicia em junho e estende-se até setembro, com temperaturas médias abaixo dos 29°C.

Imagem 01: Área de estudo - Fazenda Beira Rio, Valença-BA



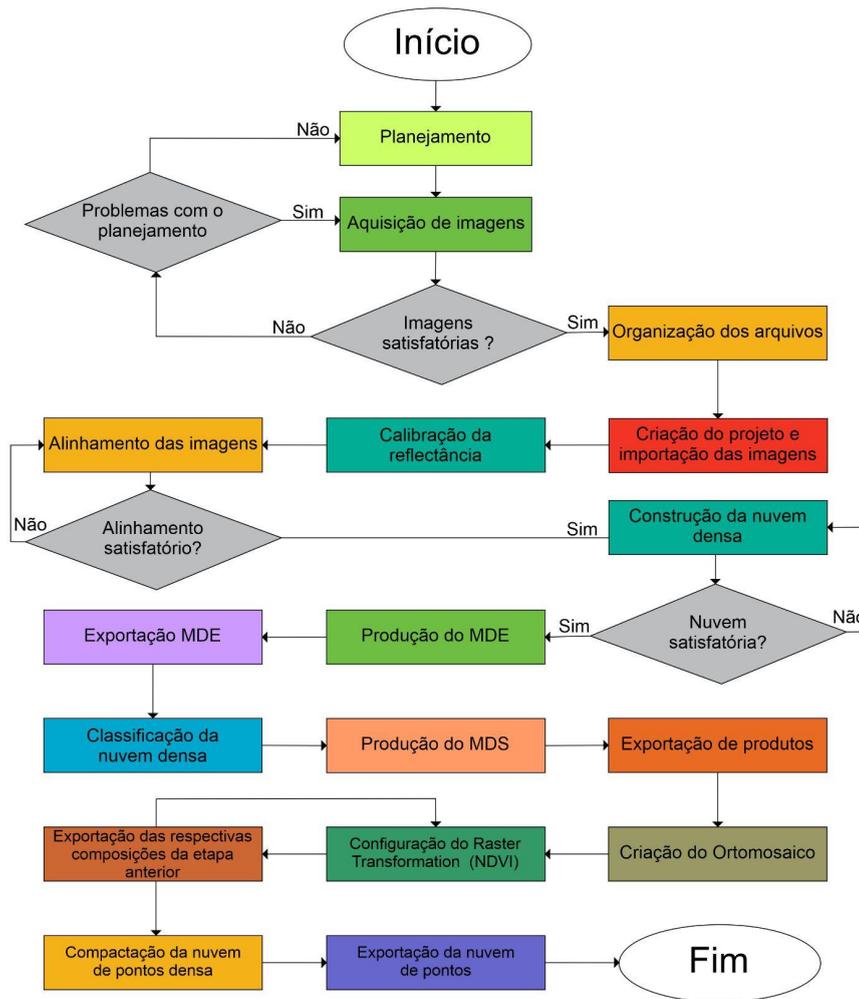
Autor: Arquivo pessoal

A imagem acima ilustra a área de estudo, onde as plantas da variedade Roxa do Pará foram cultivadas no espaçamento de 2 metros entre plantas e 3 metros entre linhas, totalizando uma área de 1.848 m², correspondente a aproximadamente 0,2 hectares.

2.2 Coleta de dados multiespectrais

Para a coleta e processamento de dados, é essencial adotar um planejamento rigoroso, visando assegurar a qualidade e eficiência do processo. A metodologia de coleta empregada neste estudo está minuciosamente descrita na figura 01.

Figura 01: Fluxograma para coleta de processamento dos dados multiespectrais.



Autor: Arquivo pessoal

A coleta das imagens ocorreu nos dias 22/04/2023 e 15/09/2023, em condições climáticas consideradas ideais para a obtenção dos dados, no intervalo entre 10:00 e 14:00. Durante o primeiro voo, as plantas estavam em plena época de safra (Imagem 02 - (B)), caracterizada pela produção e enchimento de frutos. Por outro lado, na segunda coleta de dados, as plantas encontravam-se em fase vegetativa (Imagem 02 - (A)), com lançamento de cladódios e manutenção da estrutura.

Imagem 02 - Estádios fenológicos para a cultura da pitaya

Área de estudo em fase vegetativa e reprodutiva



A

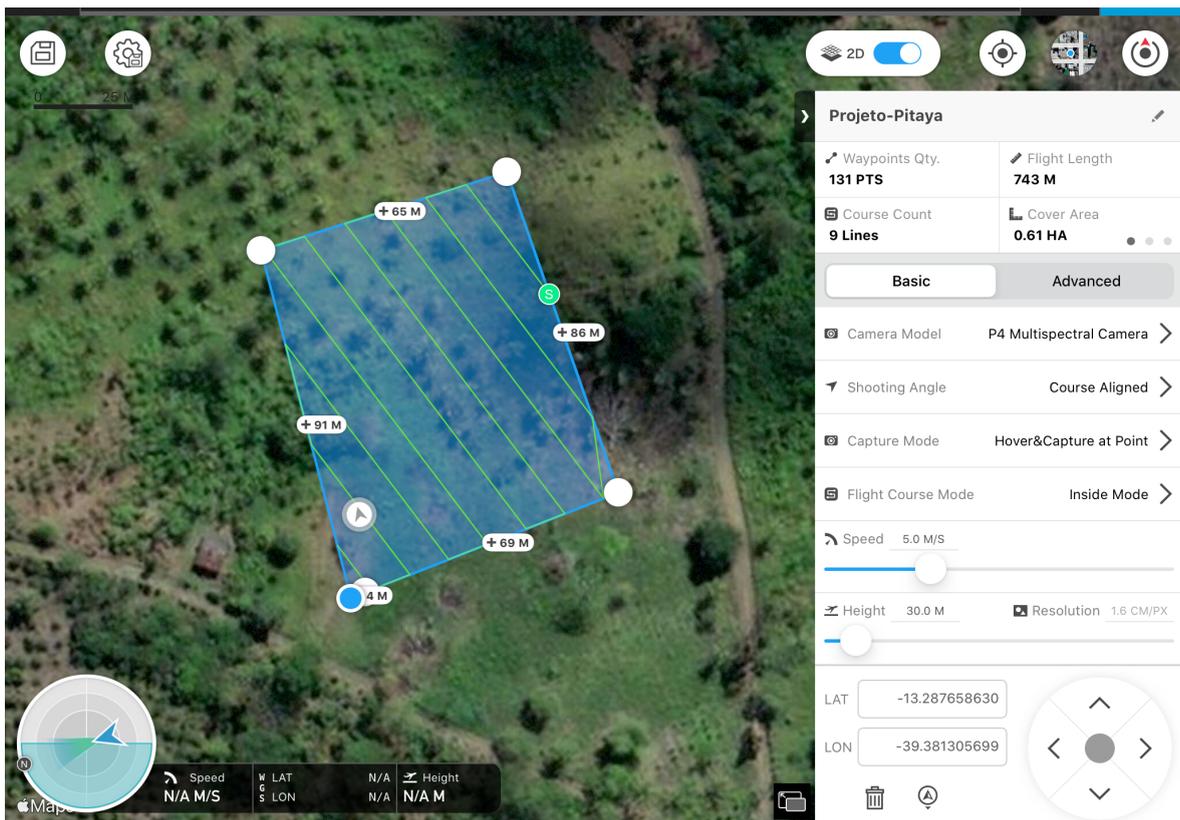


B

Fonte: Arquivo pessoal

Para a aquisição das imagens, foi empregado um drone DJI Phantom P4 Multiespectral, equipado com um sistema de câmeras que possui seis sensores CMOS $\frac{1}{2}.9"$. Estes sensores são capazes de capturar imagens em múltiplas bandas espectrais, sendo estas: azul ($450 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$), verde ($560 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$), vermelho ($650 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$), vermelho próximo ($730 \text{ nm} \pm 16 \text{ nm}$) e infravermelho próximo ($840 \text{ nm} \pm 26 \text{ nm}$). Cada ponto definido previamente no plano de voo resultou na coleta de uma imagem em cada sensor da câmera.

Para assegurar a uniformidade e a parametrização na coleta das imagens, utilizou-se o software de planejamento de voo autônomo DJI GS GO (Imagem 03). Imagem 03 - Planejamento de determinação dos parâmetros de voo.



Fonte: Arquivo pessoal

No software, foram inseridos os seguintes parâmetros: altura de voo de 30 metros, sobreposição frontal e lateral de 75%, e velocidade média de 5 m/s. No total, foram coletados dados em 131 pontos, totalizando 786 imagens.

2.3 Processamento dos dados coletados

Para o processamento das imagens coletadas, foi necessário utilizar um conjunto de máquinas com um chipset avançado conhecido como cluster, visando potencializar e otimizar a obtenção dos resultados. No cluster, empregou-se o software de processamento de imagem, com o propósito de realizar o processamento aerofotogramétrico por meio da técnica Structure from Motion (SfM). Todas as etapas foram executadas de maneira sequencial e padronizada, garantindo a extração e uniformidade nos resultados obtidos.

Após a conclusão do processamento, seguindo todas as etapas correspondentes, obtiveram-se os dados espectrais, incluindo a imagem

multiespectral em NDVI calculada pela seguinte equação: $NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)}$, além da imagem em RGB para análise da área de estudo. Com base no índice NDVI, foi delineada uma área correspondente a um círculo com diâmetro de 20 centímetros no centro de cada planta para a obtenção dos valores planta a planta, visando uma avaliação mais precisa e localizada.

O levantamento foi realizado em uma área com 289 plantas, destas foram selecionadas 100 para a análise do índice, Imagem 04. Com o intuito de garantir uniformidade e reduzir a interferência das bordas da área, as duas primeiras linhas de cada lado foram desconsideradas, resultando na seleção de 5 linhas com 20 plantas cada.

Imagem 04 - Seleção das plantas na área de estudo para avaliação

Seleção das plantas para avaliação

458700



Legenda

-  Plantas selecionadas
-  Polígono de estudo

Informações Cartográficas

DATUM: SIRGAS 2000
Projeção/Zona: UTM 24S

Fonte: Arquivo pessoal

Após a conclusão do processamento e obtenção dos valores para cada planta, realizou-se uma análise estatística descritiva para avaliação da cultura.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação da cultura em fase reprodutiva

Após o processamento e tratamento dos dados, foram obtidos os seguintes valores para a área avaliada durante o período correspondente à fase reprodutiva, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01- Estatística descritiva obtida através do índice NDVI na fase reprodutiva.

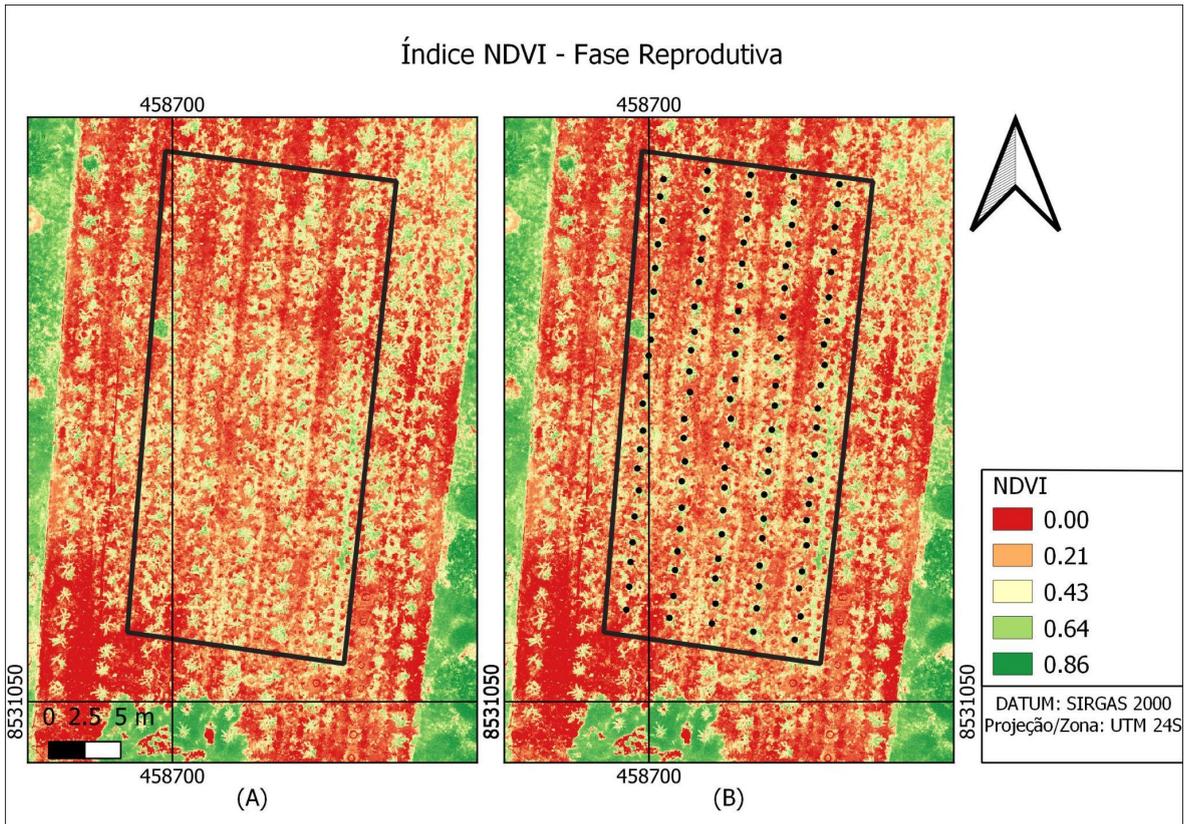
Índice	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
NDVI	0,47545	0,10118	0,18417	0,634544

Autor: Arquivo pessoal

O valor médio obtido para o índice NDVI das plantas avaliadas na área foi de 0,47545, o que as classifica como saudáveis (Junior, 2020). O valor mínimo registrado foi de 0,18417, o que pode ser explicado pela presença de plantas com redução na atividade fotossintética e baixo vigor vegetal. Além disso, o valor máximo observado para a área foi de 0,6345, indicando a presença de plantas com bom vigor e atividade fotossintética.

No contexto da análise de dados, foi gerado um mapa de visualização para a representação do índice NDVI. Para a fase reprodutiva, utilizou-se a aplicação de falsa cor a fim de proporcionar uma melhor visualização (Imagem 05).

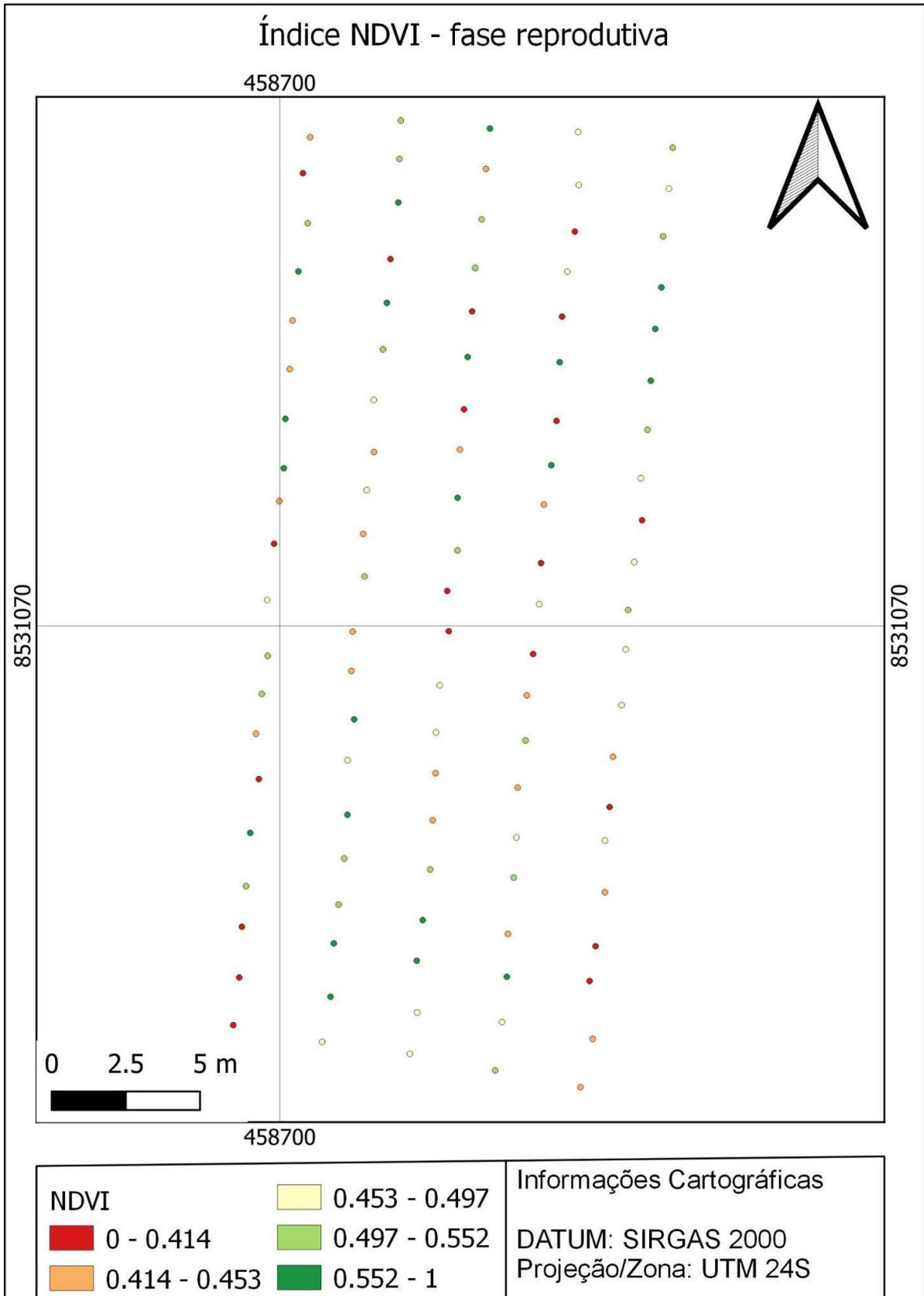
Imagem 05 - Índice NDVI aplicado na área de estudo estando a cultura em fase reprodutiva.



Fonte: Arquivo pessoal

Na imagem, é possível observar a área de estudo representada pelo índice NDVI (A) e as plantas que foram avaliadas e selecionadas (B). Com base nessas informações, as plantas foram classificadas com o uso de falsa cor para visualizar a disposição dos resultados na área de estudo, Imagem 06.

Imagem 06 - Plantas representadas através do resultado extraído do índice NDVI na fase reprodutiva da cultura.



Fonte: Arquivo pessoal

Com base na imagem acima é perceptível que a maior parte das plantas apresentam valores baixos para o índice denotando menor vigor vegetal para a

cultura. Esta visualização corrobora a observação de que durante o período produtivo, especialmente nas floradas finais da safra, as plantas geralmente apresentam deficiência e estado de vigor reduzido. Esse comportamento está de acordo com o argumento de Silva et al. (2015), que indicam que as plantas enfrentam múltiplas demandas nessa fase, devido ao aumento da relação fonte/dreno.

A redução no vigor da planta é ocasionada pelo aumento na demanda por fotoassimilados pelos frutos, que consomem compostos que poderiam ser utilizados para o crescimento dos ramos e raízes, estabelecendo, assim, uma competição entre os órgãos da planta. De acordo com Costa et al. (2014), no processo de desenvolvimento de um fruto dentro dos padrões comerciais, após a fertilização da flor, ele deve crescer até atingir aproximadamente 9,5 cm de comprimento e 8,5 cm de largura, além de apresentar a cor característica e textura indicativa de maturidade, sinalizando que está pronto para a colheita. Todo esse processo representa um exemplo de dreno vegetal, já que o produto resultante será exportado da planta.

Além de toda essa exigência de fotoassimilados pelos diversos órgãos vegetais, como afirmado por Pez e Arenhardt (2015), ocorre também a competição entre os frutos, tornando imprescindível a observação do estado fisiológico da planta. No entanto, essa observação não se mostra eficaz quando realizada visualmente, uma vez que a pitaya não apresenta mudanças visíveis a olho nu em seus cladódios, devido à rusticidade das cactáceas, mas vale ressaltar que apesar de serem rústicas, o sucesso do seu cultivo depende fortemente do manejo produtivo e das condições climáticas, tendo em vista que como dito por Magalhães (2017), são plantas que respondem bem a adubação, disponibilidade de água e outros tratamentos culturais.

Dessa forma, destaca-se a relevância da aplicação do índice NDVI para a análise da fisiologia da planta, com o propósito de avaliar a necessidade de adubação, pulverização com bioestimulantes ou raleio dos frutos. Essas práticas têm como objetivo assegurar que os frutos alcancem um tamanho e qualidade satisfatórios para a comercialização. Quando ocorre a diminuição do vigor vegetal, torna-se imperativo realizar raleios e fornecer suplementos nutricionais ao solo e à planta. Isso é fundamental para manter o padrão de enchimento dos

frutos, garantindo, assim, a conformidade com os critérios comerciais de venda e reduzindo as perdas econômicas.

3.2 Avaliação da cultura em fase vegetativa

Para o processamento referente à fase vegetativa, foram obtidos os seguintes valores para a área, conforme apresentado na Tabela 02.

Tabela 02- Estatística descritiva obtida através do índice NDVI na fase vegetativa.

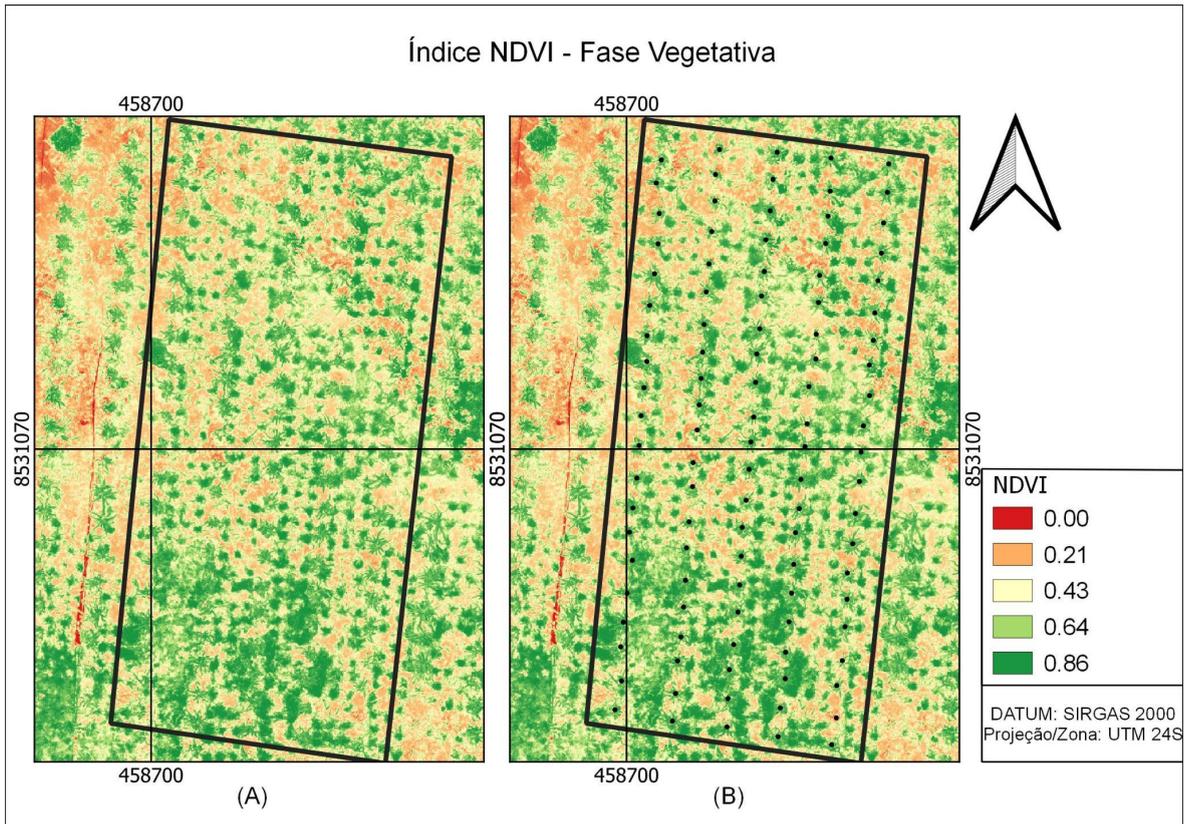
Índice	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
NDVI	0,72732	0,06440	0,14419	0,94851

Autor: Arquivo pessoal

O valor médio correspondente à fase monitorada foi de 0,7273, o que indica plantas saudáveis e com alto vigor (Junior, 2020). Nesta fase, identificou-se um valor mínimo de 0,14419, indicando plantas com baixo vigor e atividade fotossintética limitada. Além disso, o valor máximo para a área foi de 0,94851, classificando as plantas como possuindo alto vigor vegetal e atividade fotossintética elevada. Considerando o desvio padrão, nota-se que a cultura nesta fase apresenta pouca variação em relação à média determinada, indicando uma uniformidade na condição fisiológica das plantas.

Além dos dados obtidos, foi gerado o mapa para o índice NDVI na área de estudo referente à fase vegetativa (Imagem 06).

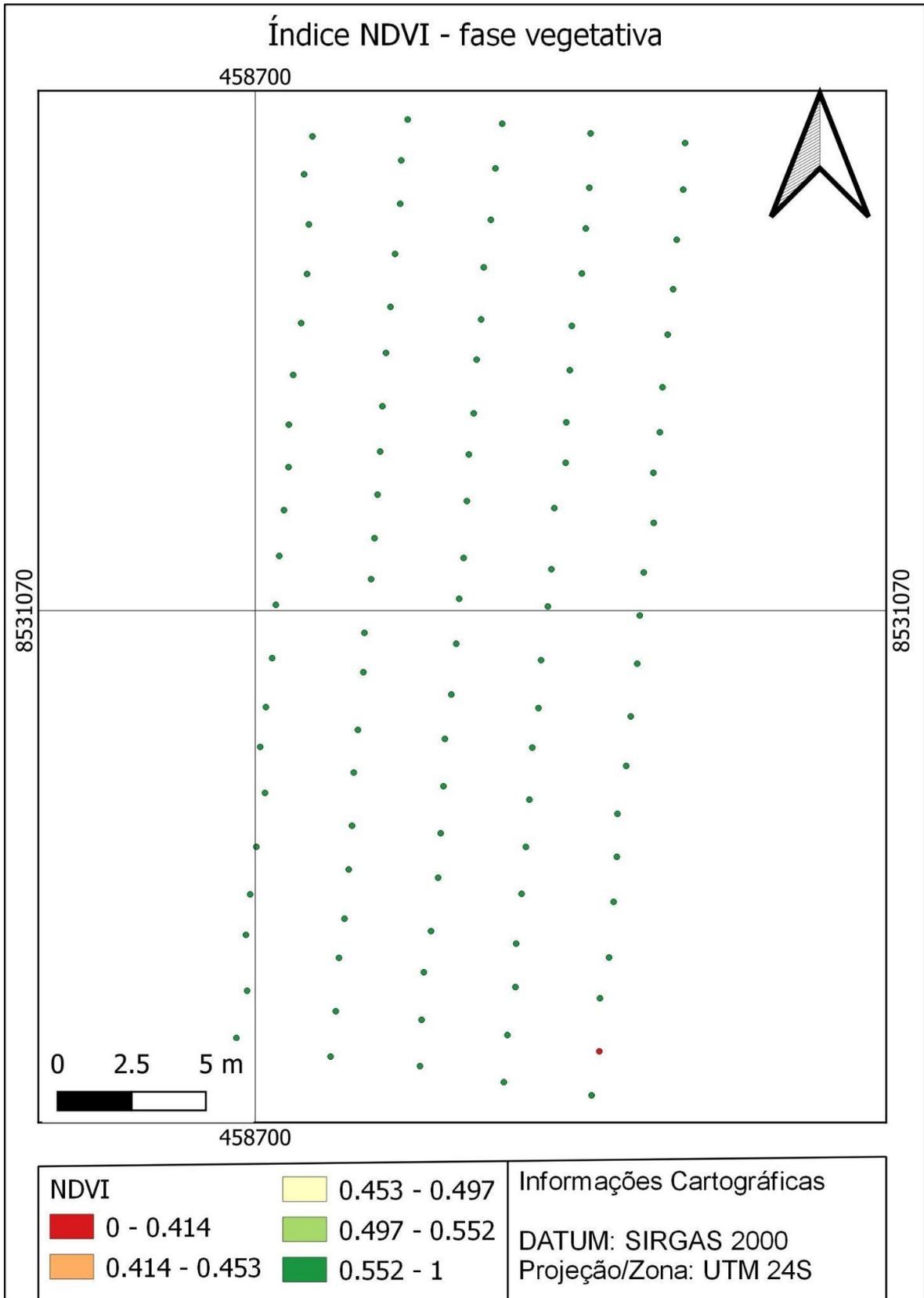
Imagem 06 - Índice NDVI aplicado na área de estudo estando a cultura em fase vegetativa.



Fonte: Arquivo pessoal

Através do mapa apresentado, é possível visualizar a área de forma abrangente, com a aplicação de falsa cor para representar o índice NDVI (A). Além disso, na imagem adjacente, são exibidas as plantas selecionadas (B), que foram utilizadas para a realização da avaliação, estas foram classificadas com base na média apresentada planta a planta, Imagem 07.

Imagem 07 - Plantas representadas através do resultado extraído do índice NDVI na fase vegetativa da cultura.



Fonte: Arquivo pessoal

Para a condição vegetativa, foi observado um maior valor médio para o índice e maior número de plantas com índice próximo a 1 indicando alto vigor

vegetal. Isso demonstra que, na fase vegetativa, as características fisiológicas das plantas, de modo geral, encontram-se em boa condição.

Na fase vegetativa, a planta direciona seus fotoassimilados para as regiões em crescimento, que são seus principais pontos de dreno, como as raízes e os ápices caulinares. Isso indica um vigor vegetal maior, denotando um desenvolvimento ativo da planta (Paulilo, Viana e Randi, 2015).

3.3 Comparação entre as condições fisiológicas vegetativa e reprodutiva

Ao analisar comparativamente a resposta do índice NDVI nas fases vegetativa e reprodutiva, observa-se que na fase vegetativa, o valor médio encontrado para as plantas avaliadas foi de 0,72732, enquanto na fase reprodutiva, o valor médio do índice foi de 0,47545. Isso representa uma redução de 65,37% quando comparado às fases, demonstrando que a cultura em estágio reprodutivo apresentou menor vigor quando comparado com a fase vegetativa.

Observando a variação dos valores, é notável que na fase reprodutiva as plantas apresentaram uma maior variação em relação à resposta para o índice (0,1011) quando comparada com o desvio padrão para a fase vegetativa (0,0644). Isso demonstra que na fase vegetativa as plantas apresentavam uma maior uniformidade em relação à resposta espectral e ao seu respectivo vigor.

Na área de estudo, das 100 plantas, 99 obtiveram um aumento entre as fases vegetativa e reprodutiva, sendo a diferença média observada de 0,2563 para o índice NDVI. A planta com variação máxima entre as fases, demonstrou um aumento de 0,3118, denotando que ela obteve um maior ganho de vigor nesse período, enquanto que a que apresentou menor resposta do índice teve a variação de 0,1231.

De acordo com os índices NDVI obtidos das plantas, durante a fase reprodutiva, a cultura apresenta menor vigor devido à alta demanda de fotoassimilados pelos frutos. Já na fase vegetativa, a planta exibe maior vigor vegetal, uma vez que a produção de fotoassimilados é direcionada para as regiões em crescimento, sem a exportação para os frutos.

Essa variação pode ser explicada pelas características distintas de cada fase. A fase vegetativa é marcada pelo crescimento ativo da planta, onde as raízes e os ápices da parte aérea estão em desenvolvimento, resultando em uma maior atividade metabólica e fotossintética. Isso indica um vigor mais pronunciado

na planta, que apresenta uma taxa de crescimento constante e exponencial.

Por outro lado, na fase reprodutiva, a planta direciona a maioria dos seus fotoassimilados para o fruto, que é considerado o principal dreno, enfraquecendo a planta devido à exportação desses assimilados para um órgão que será retirado da planta (Peixoto, 2020).

Como dito por Magalhães (2017), a análise das variações em termos qualitativos e quantitativos que ocorrem nos frutos durante essas etapas fisiológicas oferece informações cruciais sobre a evolução das principais características que afetam o comportamento e a qualidade dos frutos. Esses dados são fundamentais no desenvolvimento de novas tecnologias de produção e estratégias de gestão, visando assegurar um rendimento superior e uma qualidade aprimorada dos frutos. Portanto, é fundamental ter uma compreensão precisa de todos os elementos associados à progressão da qualidade dos frutos ao longo de seu desenvolvimento.

4.0 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos e na avaliação entre as fases vegetativa e reprodutiva da cultura da pitaya, fica evidente que a utilização do índice NDVI se mostra eficaz na avaliação da cultura da pitaya em ambas as fases. É possível identificar plantas em diferentes estados fisiológicos na área.

Portanto, a utilização de índices multiespectrais como o NDVI se revela uma ferramenta importante para um manejo ágil e eficaz na cultura, permitindo a localização de plantas com menor vigor vegetal para a implementação de ações corretivas in loco.

Os resultados obtidos nesta pesquisa constituem uma importante contribuição para o meio acadêmico e de mercado, uma vez que os dados fornecem uma base essencial para avaliações relacionadas aos aspectos fisiológicos da planta. Desta forma é de suma importância entender as características fisiológicas da pitaya para a adoção de manejos adequados, tornando-se fundamental conduzir novas pesquisas para obter dados que possam ser aplicados na gestão de áreas produtivas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ricardo; HOTT, Marcos; MAGALHÃES, Walter; D'OLIVEIRA, Pérsio; OLIVEIRA, Jackson. **Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) no Monitoramento dos Estádios de Desenvolvimento da Cultura do Milho**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019. (pp.225-234). DOI:10.22533/at.ed.00619240721. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334754506_USO_DE_VEICULO_AEREO_NAO_TRIPULADO_VANT_NO_MONITORAMENTO_DOS_ESTADIOS_DE_DESENVOLVIMENTO_DA_CULTURA_DO_MILHO. Acesso em: 16 set. 2023

BALENDRES, Mark.; BENGUA, Jennelyn. **Diseases of dragon fruit (Hylocereus species): Etiology and current management options**. 2019. Crop Protection 126: 104920. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104920>. Acesso em: 15 set 2023

BASTOS, Teresa. **15 usos de drones na agricultura e pecuária**. Revista Globo Rural: Pesquisa e Tecnologia, 2015. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/globorural.globo.com/amp/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2015/05/15-usos-de-drones-na-agricultura-e-na-pecuaria.html>. Acesso em: 15 set 2023

BELLEÇ, Fabrice Le; VAILLANT, Fabrice; IMBERT, Eric. **Pitahaya (Hylocereus spp.): Uma nova fruticultura, um mercado com futuro**. Pitahaya (Hylocereus spp.), [s. l.], 9 mar. 2006. DOI 10.1051/fruits:2006021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/41713104_Pitahaya_Hylocereus_spp_A_new_fruit_crop_a_market_with_a_future. Acesso em: 25 jun. 2023

BRITO, Ramilos; FILGUEIRAS, Roberto; SANTOS, Jannaylton; LEDA, Victor; ANDRADE, Aderson; ZIMBACK, Célia. **Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí - DITALPI**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015. 6 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145108/1/IndiceVegetacaoSaviRamilos.pdf>. Acesso em: 15 set 2023

COSTA, Ana; RAMOS, José; SILVA, Fábio; DUARTE, Mariene. **Floração e frutificação em diferentes tipos de cladódios de pitaya-vermelha em Lavras-MG**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 36, n. 1, 2014. p. 279-284. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/XjhLDwf9B83FJJnGF5WZGx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 set 2023

CHERLINKA, Vasyi. **NDVI FAQ: All You Need To Know About Index**. Agtech, EOS Data Analytics, Inc. Belgium, 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi>. Acesso em: 20 set 2023

DAMIAN, Júnior. **Applying the NDVI from satellite images in delimiting management zones for annual crops**. Scientia Agricola, 2020. ISSN 1678-992X. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/XZ7L9gjSn7WdW3ttH4vzPNf/?lang=en&format=pdf> Acesso em: 20 set 2023

DASHPUREV, Batnyambuu; WESCHE; Karsten; JÄSCHKE, Yun; OYUNDELGER, Khurelpurev; NOI, Thanh; BENDIX, Jörg; LEHNERT, Lukas. **A cost-effective method to monitor vegetation changes in steppes ecosystems: A case study on remote sensing of fire and infrastructure effects in eastern Mongolia**. Munich, Germany, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21009961?pes=vor#!>. Acesso em: 19 jul. 2022.

FORCE, Pix. **Drones na Agricultura: tudo sobre a tecnologia que está mudando o setor.** Porto Alegre: Floresta & Agricultura, 2016. Disponível em: <https://www.pixforce.com.br/>. Acesso em 15 set 2023.

JUNQUEIRA, Keize; JUNQUEIRA; Nilton, RAMOS, José; PEREIRA, Ailton. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado.** Planaltina, Embrapa Cerrados. 2002. 18p. (Boletim técnico, 62). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24723/1/doc_62.pdf. Acesso em: 15 set 2023

LAMPARELLI, Rubens. **Agricultura de precisão.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica, Brasília-DF, 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_72_711200516719.html. Acesso em: 15 set 2023

LIMA, Cristiane. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013. 140f. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/12930/1/2013_Cristiane%20Andrea%20de%20Lima.pdf. Acesso em: 15 set. 2023

MAGALHÃES, Daniete. **Desenvolvimento e maturação de frutos de pitaya vermelha de polpa branca.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017. 53p. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/15577/2/TESE_Desenvolvimento%20e%20matura%C3%A7%C3%A3o%20de%20frutos%20de%20pitaya%20vermelha%20de%20polpa%20branca.pdf. Acesso em: 15 set. 2023

MOURA, Nevenka. **Doenças fúngicas da cultura da pitaya.** Tese (Pós Graduação em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2020. 61 p. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/45572/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Doenc%C3%A7as%20f%C3%BAngicas%20da%20cultura%20da%20pitaya.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023

NEPOMOCENO, Taiane; PIETROBON, Alex; FERREIRA, Claudecir; ZANELATTO, Jéssica. **O cultivo e a comercialização de pitaya (Hylocereus sp.) no Brasil com enfoque no estado do Paraná.** Pitaya, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/6310e64f5da4e.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023

PAULILO, Maria; VIANA, Ana; RANDI, Áurea. **Fisiologia Vegetal.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 182p. ISBN 07.007.007-7. Disponível em: <https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Fisiologia-Vegetal.pdf>. Acesso em: 20 set 2023

PEIXOTO, Clóvis. **Princípios de Fisiologia Vegetal.** PoD editora, n.1, p.256, 2015. ISBN 978-65-86147-21-6. Disponível em: <https://podeditora.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Livro-FISIOLOGIA-VEGETAL-site.pdf>. Acesso em: 20 set 2023

PIO, Leila. **Manejo Fitossanitário na cultura da Pitaya.** Circuito Internacional de Pitaya: tendências e projeções latino-americanas para a cultura de pitaya. Sebastião Almeida, Botucatu -

SP, 2022. 68-77 p. ISBN 978-65-89571-08-7. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/236624/ISBN9786589571087_epub.pdf?sequence=1#page=68. Acesso em: 15 set 2023

PIRES, Luciano; ARENHARDT Marlon. **Fisiologia Vegetal**. Rede e-Tec Brasil. Santa Maria - RS, 2015. 81 p. ISBN 978-85-63573-90-2. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/09_fisiologia_vegetal.pdf. Acesso em: 19 set 2023

PONTES, Milane; Silva, Alanna; AMARAL, Flávia; VIEIRA, Thiago. **Avaliação do cultivo da pitaya em unidades de produtores familiares de fruticultura no município de Santarém-Pará**. Revista Contemporânea, v. 3, n. 8, 2023. 26 p. ISSN 2447-0961. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/1256/1033>. Acesso em 15 set 2023

RASI, José. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008. 70f. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Roberto-Rasi/publication/344138417_DESENVOLVIMENTO_DE_UM_VEICULO_AEREO_NAO_TRIPULADO_PARA_APLICACAO_EM_PULVERIZACAO_AGRICOLA/links/5f54da3ba6fdcc9879d161db/DESENVOLVIMENTO-DE-UM-VEICULO-AEREO-NAO-TRIPULADO-PARA-APLICACAO-EM-PULVERIZACAO-AGRICOLA.pdf. Acesso em: 15 set 2023

SANTARROSA, Quiguiri; PAULINA, Verônica. **Avaliação nutricional comparativa de pitahaya (Hylocereus triangularis) desidratada em bandeja desidratada com liofilização**. Tese, Escola Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Equador, 2013. 166 p. Disponível em: DSpace ESPOCH.: Evaluación nutricional comparativa de pitahaya (Hylocereus triangularis) deshidratada en deshidratador de bandejas con la liofilizada. Acesso em: 15 set 2023

SILVA, Adriana; CAVALLARI, Ludmilla; SABIÃO, Rafael; MARTINS, Antonio. **Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP**. Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.4, p.585-590, 2015. ISSN 0103-8478. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/DmKNQtsFrhGBQdgbwyJ74B/?format=pdf>. Acesso em: 20 set 2023

VARSHNEY, Pramod; ARORA, Manoel. **Advanced image processing techniques for remotely sensed hyperspectral data**. New York: Springer, 2004. 322 p Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-05605-9>. Acesso em: 15 set 2023

VEROUSTRAETE, Frank. **The Rise of the Drones in Agriculture**. Agriculture Editorial, vol 2. Department of Bioscience Engineering, University of Antwerp, Belgium, 2015. 3 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Frank-Veroustraete/publication/282093589_The_Rise_of_the_Drones_in_Agriculture/links/5d49be4092851cd046a6aaae/The-Rise-of-the-Drones-in-Agriculture.pdf. Acesso em: 15 set 2023

Weather Spark. **Clima e condições meteorológicas médias em Valença**. Cedar Lake Venture, Inc. 2023. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30981/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Valen%C3%A7a-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em 11 set 2023

YAH, Alma; PEREIRA, Sara; VELOZ, Crescenciano; SAÑUDO, Reginaldo; DUCH, Enrique. **Cambios Físicos, Químicos Y Sensoriales En Frutos De Pitahaya (Hylocereus Undatus)**

Durante Su Desarrollo. Rev. Fitotec. Vol. 31 (1): 1 - 5, México, 2008. 5 p. Disponível em: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/31-1/1a.pdf>. Acesso em: 20 set 2023

ZHAO, Kunrong; ELE, Tingindo; WU, Shuang; WANG, Songling; DAI, Bilan; YANG, Qifan; LEI, Yutao. **Application research of image recognition technology based on CNN in image location of environmental monitoring UAV. I.** EURASIP Journal on Image and Video Processing. Guangdong, China, 2018. 11 p. Disponível em: <https://link-springer-com.ez278.periodicos.capes.gov.br/article/10.1186/s13640-018-0391-6#author-information>. Acesso em: 19 jul. 2022