



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

**ANÁLISE DOS ÍNDICES ESPECTRAIS EM CULTURAS
AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM DIFERENTES HORÁRIOS
DE VOO**

JULIANA SANTOS ABRANTES SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA - BRASIL

MAIO - 2023



JULIANA SANTOS ABRANTES SILVA

**ANÁLISE DOS ÍNDICES ESPECTRAIS EM CULTURAS
AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM DIFERENTES HORÁRIOS
DE VOO**

Monografia apresentada à
Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, como parte das exigências
do Curso de Engenharia Florestal
para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Odair Lacerda Lemos (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA - BRASIL

MAIO - 2023



JULIANA SANTOS ABRANTES SILVA

**ANÁLISE DOS ÍNDICES ESPECTRAIS EM CULTURAS
AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM DIFERENTES HORÁRIOS
DE VOO**

Monografia apresentada à
Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, como parte das exigências
do Curso de Engenharia Florestal
para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal.

Aprovada em 30 de maio de 2023

Comissão Examinadora:

Ingrid Thalia Padro de Castro

Ingrid Thalia Padro de Castro (M.Sc., Fitotecnia) – UESB

Jacqueline Lavinsky Costa Morais

Jacqueline Lavinsky Costa Morais (M.Sc., Fitotecnia) - UESB

Odair Lacerda Lemos

Prof Odair Lacerda Lemos (D.Sc., Sistemas de Produção) – UESB

Orientador

DEDICATÓRIA

Com todo amor, dedico aos meus pais.

*“Tenho em mim
todos os sonhos
do mundo.”*

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Hoje finalizo uma etapa de grande importância em minha vida acadêmica e foi graças ao apoio, companheirismo e fé que recebi durante todos esses anos que posso celebrar com alegria este grande marco em minha história, por isso, só tenho a agradecer.

Agradeço a Deus, por me guiar e iluminar meu caminho, por ter me dado forças sempre que necessário e por me permitir chegar até aqui em busca dessa vitória.

Aos meus pais, Raimunda e Irenio, por terem me ensinado a importância da educação e por me ensinarem a nunca desistir dos meus sonhos, por todo suporte, amor e pela fé depositada em mim durante toda essa trajetória, nada teria sentido se não fossem vocês.

Ao meu irmão, Túlio, por sempre me inspirar, apoiar, alegrar e cuidar de mim durante todos os momentos. Sou grata por tê-lo em minha vida.

Ao meu namorado, Henrique, pelo amor, pelo amparo e por segurar minha mão a batalhar comigo durante toda trajetória, você alegrou meus dias.

A todos os mestres que me ajudaram a chegar neste momento, principalmente ao meu orientador, Prof. Dr. Odair, pelos conselhos e ensinamentos e pela amizade.

A minha dupla e irmã de UESB, Tais, por chorar e comemorar junto comigo, pelas risadas de todas as manhãs e por virar noites estudando, você deixou essa caminhada mais leve.

As minhas colegas e, principalmente, amigas Brhenda, Maria Bethânia e Maria Eduarda, por estarem sempre ao meu lado, por ajudarem, incentivarem e reclamarem comigo. Vocês foram essenciais.

Aos meus colegas do Laboratório de Geotecnologias, principalmente Ana Júlia e Ingrid, vocês me ensinam muito, nossa troca de experiências é incrível.

RESUMO

SILVA, Juliana Santos Abrantes do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, maio de 2023. **Análise de índices espectrais em culturas agrícolas e florestais em diferentes horários de voo.** Orientador: Odair Lacerda Lemos.

O agronegócio é uma das principais fontes de recursos para a economia nacional e mundial e, dessa forma, a necessidade de produções agrícolas e florestais mais rentáveis faz com que os produtores busquem novas tecnologias capazes de atender essas demandas, como o sensoriamento remoto e índices de vegetação. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a interferência de diferentes alturas e horários de voo em análises de índices espectrais. Foram selecionadas área de culturas agrícolas e florestais de interesse econômico para a região do município Vitória da Conquista – BA, onde foram escolhidas as seguintes culturas: banana, café, eucalipto, eucalipto jovem, milho e mata nativa. Para a obtenção das imagens foram realizados voos com aeronave remotamente pilotada, a cada duas horas. O primeiro voo foi feito às 08h e o último às 16h. Os IV's escolhidos para a análise foram GLI (*Green Leaf Index*) e o NGRDI (*Near Green-Red Difference Index*). O ortomosaico foi criado no *Agisoft Metashape Professional*. O *QGIS 3.26.3* foi utilizado para marcar os pontos (10 para cada cultura), criar *buffers* e realizar os cálculos dos IV's. Ao analisar a resposta do GLI, observa-se que o melhor horário para mapeamento foi 12h e, dentre as culturas, o café apresentou maiores repostas espectrais. Observando os valores de NGRDI, é notável que, novamente, a cultura do café apresentou números superiores e, em relação aos horários de mapeamento, apenas às 14h obteve menores valores e diferiu estatisticamente dos demais horários. O presente trabalho é capaz de demonstrar que o horário de voo, a incidência de luz solar e o sombreamento são capazes de influenciar na resposta espectral de culturas de interesse agroflorestal.

Palavras-chave: índices de vegetação, mapeamento, sombreamento, resposta espectral.

ABSTRACT

SILVA, Juliana Santos Abrantes of the Forest Engineering Course of the State University of Southwest Bahia, May 2023. **Analysis of spectral indices in agricultural and forest crops at different flight times.** Advisor: Odair Lacerda Lemos.

Agribusiness is one of the main sources of resources for the national and world economy and, in this way, the need for more profitable agricultural and forestry productions makes the produce seek new technologies capable of meeting these demands, such as remote sensing and vegetation indices. Therefore, the present work aims to general evaluate the interference of different heights and flight schedules in index analysis spectral. Areas of agricultural and forestry crops of economic interest were selected for the region of Vitória da Conquista - BA, where the following were chosen: crops: banana, coffee, eucalyptus, young eucalyptus, corn and native forest. For obtaining the images were taken from flights with remotely piloted aircraft, every two hours. O first flight was made at 08:00 and the last at 16:00. The IV's chosen for the analysis were GLI (Green Leaf Index) and the NGRDI (Near Green-Red Difference Index). The orthomosaic was created not *Agisoft Metashape Professional*. *QGIS 3.26.3* was used to score the points (10 for each culture), create buffers and perform IV calculations. When analyzing the GLI response, it is observed that the best time for mapping was 12h and, among cultures, coffee showed greater spectral responses. Observing the NGRDI values, it is notable that, again, the coffee culture presented higher numbers and, in relation to the opening hours mapping, only at 2 pm it obtained lower values and differed statistically from the others schedules. The present work is able to demonstrate that the flight schedule, the incidence of light sunlight and shading are able to influence the spectral response of crops of interest agroforestry.

Keywords: vegetation indices, mapping, shading, spectral response.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. Sensoriamento Remoto na Agricultura	11
2.2. Índices de Vegetação	12
2.2.1. GLI	12
2.2.2. NGRDI	13
2.3. Comportamento Espectral das Culturas	13
2.3.1. Banana	13
2.3.2. Café.....	13
2.3.3. Eucalipto	14
2.3.4. Mata Nativa	14
2.3.5. Milho	15
2.4. Horário de voo para Mapeamento	15
3. METODOLOGIA	16
3.1. Coleta dos dados em diferentes horários de voo	16
3.1.1. Área de estudo	16
3.1.2. Obtenção das imagens com aeronave remotamente pilotada (ARPs).....	17
3.2. Análise de dados de índices de vegetação	18
3.2.1. Índices de Vegetação	18
3.2.2. Processamento das imagens.....	20
3.3. Análise estatística dos dados.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é uma das principais fontes de recursos para a economia nacional e mundial e, com o crescente aumento da população a demanda por estes produtos tende a aumentar. Com isso, a necessidade de produções agrícolas e florestais mais rentáveis faz com que os produtores busquem novas tecnologias capazes de atender essas demandas.

No Brasil, o setor florestal destaca-se em florestas plantadas, produção de celulose e papel, painéis de madeira e carvão vegetal. Segundo dados do IBÁ (2022), são 9,93 milhões de hectares de florestas plantadas (75% de Eucalipto). O país é o segundo maior produtor de celulose no mundo (22,5 milhões de toneladas), também está entre os dez maiores produtores de papel (10,7 milhões de toneladas) e painéis de madeira (8,9 milhões de m³), além disso, possui a maior participação na produção de carvão vegetal mundial (12%).

No agronegócio, o Brasil também se destaca, segundo a EMBRAPA (2022), o país foi o maior exportador mundial de soja na safra de 2021 (91 milhões de toneladas); terceiro maior produtor de milho e feijão (105 milhões e 2,9 milhões de toneladas, respectivamente), possui também mais de um terço da produção mundial de açúcar, sendo liderança na exportação do produto, além de ter o maior volume de carne bovina exportada do mundo (2,5 milhões de toneladas).

Com a expansão da produção nacional, é necessário o aumento da eficiência, produtividade e competitividade e, como consequência de se ter um mercado mais competitivo, os produtores estão buscando novas alternativas para o desenvolvimento da produtividade agrícola e florestal, de forma se estabelecer no mercado.

Neste cenário, é crescente o uso do sensoriamento remoto (SR) na agricultura, já que muitos dados essenciais para o desenvolvimento tecnológico agrícola podem ser obtidos por meio da geotecnologia. O sensoriamento remoto é amplamente utilizado no estudo de fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, sendo assim, uma forma eficiente de estudo da vegetação, podendo-se avaliar diversos aspectos desta, como aspectos fisiológicos, fitossanitários e fenológicos.

Com os avanços tecnológicos dos últimos anos, o monitoramento de satélites e a coleta de dados por meio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) foram favorecidos, podendo

ser em escala global, regional ou local, tornando o SR mais acessível para fins acadêmicos ou de produção.

É notável que o sensoriamento remoto contribui para a produção agrícola e florestal de diversas maneiras. Dentre as ferramentas disponíveis pelo SR, destaca-se a detecção qualitativa e quantitativa da vegetação verde por meio de índices de vegetação (IV's), pois estes tem capacidade de demonstrar o comportamento que as radiações eletromagnéticas (REM) assumem ao interagir com a cobertura vegetal, salientando o comportamento espectral da vegetação, possibilitando distinguir diferentes tipos de cobertura e uso do solo.

Os IV's possuem simplicidade e eficiência e, por essas características, apresentam vantagens sobre outras formas de avaliação da vegetação. Sendo assim, essa tecnologia se mostra de grande importância nas pesquisas atuais devido sua variedade de aplicações e de monitoramentos.

O uso do SR e dos IV's são ferramentas de grande importância para aumentar o potencial produtivo e econômico das mais diversas culturas, contribuindo para o maior rendimento das safras e colheitas ao aumentar o poder de tomada de decisão de empresas e produtores rurais, de pequeno a grande porte.

1.1. Objetivos

- **Geral**

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a interferência de diferentes horários de voo em análises de índices espectrais.

- **Específicos**

Analisar a interferência do horário de voo na obtenção dos índices de vegetação na faixa do visível e infravermelho.

Verificar o comportamento espectral de culturas agroflorestais por meio de índices vegetativos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sensoriamento Remoto na Agricultura

Novo (2010) define SR como a utilização conjunta de sensores, processadores e transmissores de dados, que podem estar em aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas e que estudam eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra a partir do registro e análise de interações entre radiação eletromagnética e substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

Dessa maneira, o SR é de grande utilidade para o estudo da vegetação, dentre as quais facilita o monitoramento, a estimativa de biomassa, além de estudos fisiológicos e fenológicos da planta (HOLANDA E GUERRA, 2010).

O sensoriamento remoto tornou-se uma ciência de extrema importância para a agricultura, que permite expandir nossa capacidade de tomada de decisão ao quantificar o parâmetro agrônomicos a partir de informações georreferenciadas com repetitividade e ótimo custo benefício (MUTANGA; DUBE; GALAL, 2017).

Nesse tipo de estudo, onde são empregados dados e técnicas advindas do sensoriamento remoto para reconhecimento das características das vegetações, uma série de avaliações que evidenciam os comportamentos que as radiações eletromagnéticas (REM) assumem ao interagir com a cobertura vegetal são usadas para se extrair informações sobre suas características. E uma das métricas mais utilizadas para demonstrar essas variações são os denominados índices espectrais de vegetação, que servem como um indicador efetivo das condições fisiológicas, biofísicas e bioquímicas das vegetações em diferentes fitofisionomias (ABREU; COUTINHO, 2014; WHITESIDE; BARTOLO, 2015).

Uma das principais ferramentas de SR adotadas é o índice de vegetação - IV, pois tem como objetivo explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente na região do visível e do infravermelho próximo (RAMOS *et al.*, 2017).

No que concerne à vegetação, o uso de índices de vegetação permite monitorar e quantificar as suas condições biofísicas e distribuição espacial. Ultimamente, a técnica é aplicada, em diversas escalas de análise, para o acompanhamento da cultura agrícola, umidade do solo, ocorrências de estiagens, etc. (LIU, 2006).

Ramos *et al.* (2017) em sua pesquisa de monitoramento de vegetação, constataram que os valores do índice de vegetação mais próximos de 1 correspondem a uma vegetação mais

densa representada pela coloração verde escuro enquanto que a coloração verde claro indica presença de vegetação com baixa densidade, de culturas agrícolas (predomínio da soja), enquanto os valores do índice de vegetação mais próximos de -1 correspondem as áreas com ausência de vegetação, representada pela coloração vermelha.

2.2. Índices de Vegetação

A utilização de IV's facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, o qual pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO *et al.*, 1996).

Os IV's possuem suas peculiaridades específicas e para que o estudioso classifique melhor os alvos usando dados de SR é necessário conhecer as características dos ciclos fenológicos entre os vários tipos de culturas e/ou de florestas que possibilita determinar a melhor época para a coleta dos dados (JENSEN, 2011).

As técnicas de transformação linear e a aplicação de índices de vegetação não adicionam novos dados a imagem, nestas transformações ocorre a redistribuição da informação original para uma forma de melhor compreensão e interpretação visual (SCHOWENGERDT, 2007).

2.2.1. GLI

Segundo Andrade *et al.* (2019), o índice GLI foi desenvolvido para, distinguir no campo, a vegetação fotossinteticamente ativa (plantas vivas) em relação à vegetação seca (não viva) e o solo exposto.

O índice GLI tem sido aplicado na distinção entre vegetação fotossinteticamente ativa e vegetação seca com exposição de solo. De forma geral, o GLI surge como potencial alternativa para o monitoramento da lavoura por meio de sensores RGB de baixo custo a bordo de plataformas VANT (ANDRADE, *et al.*, 2019).

O GLI avalia a diferença normalizada das reflectâncias das faixas espectrais do azul, verde e vermelho e gera uma imagem com amplitude de -1 a 1, onde os valores negativos

representam áreas de solo e valores positivos, da vegetação (LOUHAICHI; BORMAN; JOHNSON, 2001; LIM SOON *et al.*, 2019).

2.2.2. NGRDI

No cálculo do índice NGRDI, a diferença entre o canal espectral verde e o vermelho permite a diferenciação entre a superfície do solo e as plantas. A soma normaliza a variação da intensidade da luz entre os valores dos pixels das bandas (HUNT, *et al.*, 2005).

Em seu trabalho, Hunt, *et al.* (2005) apresenta resultados que demonstram uma alta correlação entre os seus resultados e os valores de biomassa verde.

O índice NGRDI fornece indicações da variabilidade espectral dos dosséis da vegetação no plano horizontal (LI *et al.*, 2016)

2.3. Comportamento Espectral das Culturas

2.3.1. Banana

Brito e Farias (2013) afirmam que a cultura da banana, demonstrou níveis de reflectância significativamente maiores em relação às outras frutíferas a qual foi comparada, especialmente na porção do infravermelho próximo.

De acordo com Bisso (2010), a banana apresenta diferentes variedades de reflectância de acordo com as variáveis geomorfológicas da área aonde a plantação está inserida, pois estas afetam o desenvolvimento vegetativo da planta, esta diferença se dá devido aos diferentes graus de desenvolvimento da planta, onde há maior radiação, as plantas se desenvolvem melhor.

Para Gallo (2008), a utilização da espectroscopia no infravermelho, tanto no infravermelho médio (MIR) como no infravermelho próximo (NIR) é aplicável para a determinação dos parâmetros que determinam a qualidade do fruto da banana.

2.3.2 Café

A cultura do café constitui um alvo de resposta espectral complexa do ponto de vista do sensoriamento remoto orbital. Há grande variabilidade na resposta espectral do café, a qual está relacionada aos parâmetros culturais (EPIPHANIO; LEONARDI; FORMAGGIO, 1994).

Vieira, Alves e Lacerda (2003) concluíram em sua pesquisa que a cultura cafeeira apresenta resposta espectral bastante complexa, em função das diversas variáveis que envolvem a caracterização da mesma.

Para Amaral *et al.* (2011) a utilização de imagens com maior resolução espacial e espectral podem ser utilizadas no refinamento da técnica e no aprimoramento dos resultados em estudos da resposta espectral do cafeeiro.

2.3.3. Eucalipto

Alba *et al.* (2015) utilizando o índice Kappa (K), constatou que a resposta espectral dos povoamentos de *Eucalyptus* sp. na banda do infravermelho próximo é superior, quando comparado com *Pinus* sp. e *Acacia* sp. o que se deve a menor quantidade de água no interior das células presentes na folha.

Para Trentin *et al.* (2018), a análise espectral de eucalipto demonstrou que entre os dados de EVI e NDVI, os valores de NDVI são maiores (intervalo de 04, - 0,9), enquanto os valores de EVI apresentam-se menores (intervalo de 02, - 0,8).

Ao estudar sobre a detecção de patógeno em eucalipto, Santiago (2022) concluiu que as faixas espectrais e comprimentos de ondas específicos foram capazes de diferenciar grupos de plantas inoculadas e não inoculadas em diferentes estágios de infecção pelo patógeno e que os IV's correlacionaram bem com os comprimentos de onda que foram significativos.

2.3.4. Mata Nativa

Para Chaves *et al.* (2013), a diversidade e as nuances do conjunto dos elementos que formam a paisagem da mata nativa, além da dinâmica dos componentes atmosféricos do clima tropical, tornam a análise e a interpretação dos registros das imagens, um trabalho bastante complexo.

Em sua pesquisa, Rempe (2000) concluiu que as técnicas de SR são muito úteis para análise ambiental, especificamente, para constatação mais rápida e eficaz da evolução da mata nativa além de que, para melhores resultados e minimização do efeito da sombra, deve-se prever a utilização de imagens em escala maiores bem como digitalização das curvas

de níveis da região de estudo, diminuindo, assim, o efeito da sombra e obtendo-se uma classificação mais acurada.

Amorim *et al.* (2019) citam em sua pesquisa que os IV's apresentaram correlação forte e positiva entre si e, conforme sua função espectral, indicam a relação entre densidade, vigor vegetativo e área de dossel, compatíveis com o estágio de regeneração em que o fragmento de mata nativa se encontra.

2.3.5. Milho

Ao analisar diferentes tratamentos na cultura do milho, Furlanetto (2018) concluiu que os IV's obtidos por câmeras digitais acopladas ao VANT apresentaram elevada capacidade na diferenciação dos tratamentos, na grande maioria das datas de avaliações, destacando os IV's que utilizaram a banda do vermelho do espectro eletromagnético.

Para Souza (2004), o direcionamento da semeadura do milho em relação à trajetória do Sol, influenciou a reflectância e IV's e o índice verde de vegetação da diferença normalizada mostrou-se mais apropriado para uso em sistemas de aplicação de fertilizantes a taxas variáveis em tempo real, utilizando-se técnicas de SR por se mostrar menos sensível à direção de semeadura.

2.4. Horário de voo para Mapeamento

A trajetória solar é de extremo interesse para garantir um levantamento de qualidade, onde em certos horários há um aumento ou diminuição da área de sombra. Essa sombra quando é exorbitante, pode dificultar e gerar erros no processamento das imagens. A janela de voo é um mecanismo para melhorar a qualidade do produto gerado, determinando horários para realizar o aerolevanteamento em regiões variadas (XAVIER, 2020), é tida como o intervalo de tempo recomendado para a execução do voo, de forma a evitar ao máximo as sombras dos objetos e, com isso, evitar possíveis interferências no processamento das imagens (CORRÊA; QUARESMA, 2018).

Corrêa e Quaresma (2018) afirmam que para estimar o melhor horário de voo é feita uma consulta no site da CPTE-INPE, em que é possível verificar a hora do nascer e pôr do sol,

com isso é feita uma média para localizar o horário de pico, à qual são somadas duas horas e subtraídas duas horas para achar o intervalo.

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta dos dados em diferentes horários de voo

3.1.1. Área de estudo

Para o estudo dos índices espectrais foram escolhidas área de culturas agrícolas e florestais de interesse econômico para a região do município Vitória da Conquista – BA, localizado na região do Sudoeste da Bahia, coordenadas 14° 51'58" de latitude Sul e 40° 50'22" de longitude Oeste (Figura 01), o local selecionado foi o campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) no município acima citado.

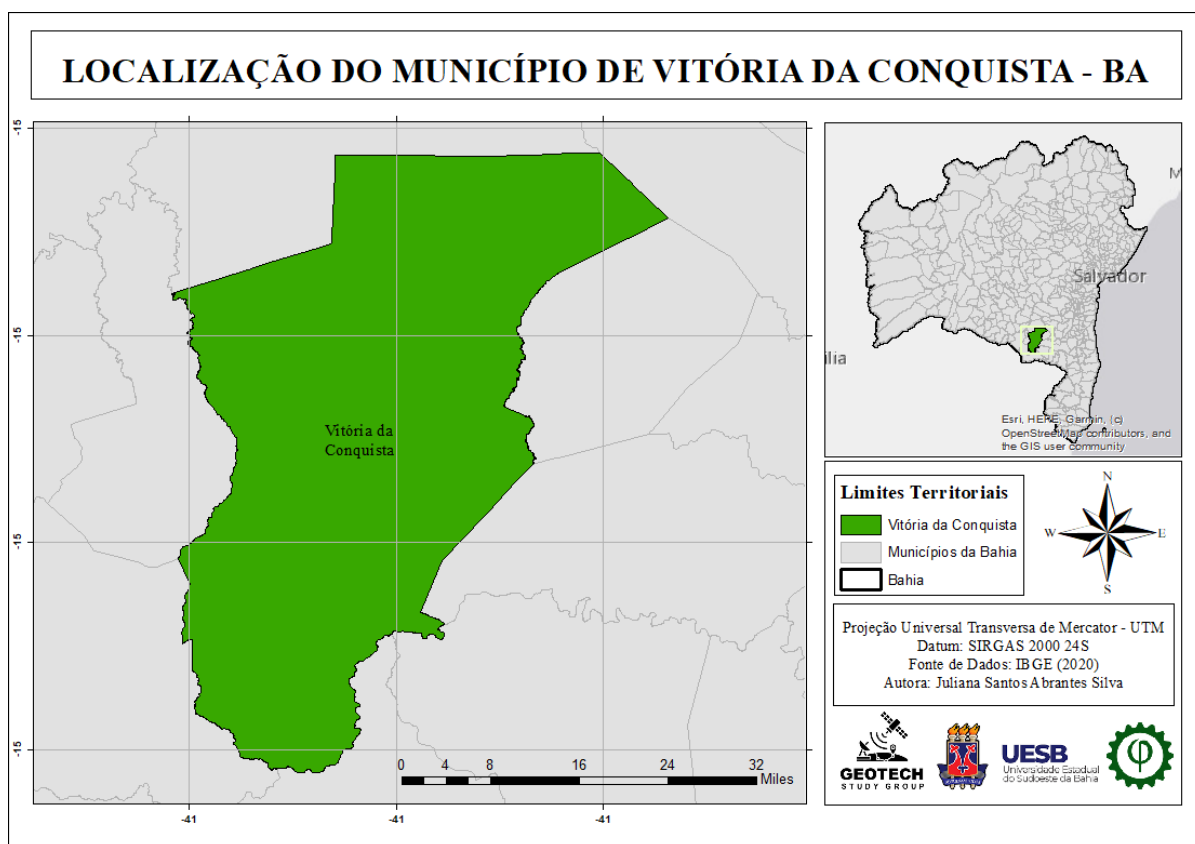


Figura 01 – Mapa de Localização do município de Vitória da Conquista.

Segundo a Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista (2020), o município possui a vegetação distribuída em faixas, com Caatinga, Carrasco ou Cerrado, Mapa de Cipó, Mata-de-Larga, Mata fria e Mata Fluvial Úmida. O relevo é pouco acidentado na parte mais elevada, suavemente ondulado, com pequenas elevações de topos arredondados, ocorrem no planalto elevações geralmente de encostas suaves (embora existam aquelas com encostas íngremes), que podem atingir 1.000 m ou mais.

De acordo com Cabral, Veiga e Mata (2015), a região possui altitude entre 860 a 1200 m e relevo plano a suavemente ondulado, encontra-se na faixa transacional entre clima úmido e subúmido com características de semiárido, temperatura média anual oscilando entre 20°C e 24°C, sendo que, na estação mais quente do ano (verão) as temperaturas são amenas com 23°C e no outono concentram-se na faixa de 21°C e no inverno ficam na faixa de 15°C a 17°C. A tipologia climática na classificação de Köppen é de Cwb (Clima Mesotérmico com chuvas de verão e verões moderadamente quente).

3.1.2. Obtenção das imagens com aeronave remotamente pilotada (ARPs)

Inicialmente foi feito o planejamento de voo antes de ir à campo, para isso, foi utilizado o aplicativo gratuito *DroneDeploy*, específico para essa atividade, o qual consiste em delimitar a área, inserindo parâmetros de voo como altura do equipamento em relação ao solo e sobreposição das fotos. A área sobrevoada possui 16 hectares, os voos foram realizados a 100 metros de altitude, os parâmetros de 80% de sobreposição frontal e 70% de sobreposição lateral, cada voo possuiu em média 11:30 de duração e aproximadamente 190 imagens.

Para obtenção das imagens foi utilizada uma ARP modelo Phantom 4 Advanced acoplada com um sensor na faixa do espectro do visível (Figura 02). Esta aeronave possui uma câmera aprimorada, equipada com um sensor de 20 megapixels de 1 polegada. Possui sistema *FlightAutonomy*, que adiciona dois sensores de visão traseira e infravermelho.



Figura 02 - Drone Modelo Phantom 4 Advanced. Fonte: DJI, 2023.

As imagens foram feitas em uma área que abrange diferentes culturas, os voos foram realizados a cada 2 horas, se iniciando às 08h e as últimas imagens ocorrendo às 16h, totalizando assim, cinco voos em um dia.

As imagens foram obtidas no espectro do visível, ou seja, em RGB e foram separadas de acordo com suas cores por bandas.

3.2. Análise de dados de índices de vegetação

3.2.1. Índices de Vegetação

O *Normalized Green Red Difference Index* - NGRDI (traduzido como Índice verde/vermelho por diferença normalizada), foi proposto por Tucker (1979) após Kanemasu (1974) concluir que as faixas espectrais do verde e do vermelho podem servir como indicador de crescimento e desenvolvimento das plantas. É um índice elaborado pela diferença normalizada das reflectâncias das bandas espectrais do verde e do vermelho sendo geralmente utilizado para estimar a fração de vegetação, biomassa verde e indicador de fenologias vegetais (FILHO, 2019). No cálculo do índice NGRDI, a diferença entre o canal espectral verde e o vermelho permite a diferenciação entre a superfície do solo e as plantas (HUNT, *et al.*, 2005). (EQUAÇÃO I).

O índice *Green Leaf Index* (GLI), é um índice de vegetação formado pela diferença normalizada das reflectâncias das faixas espectrais do azul, verde e vermelho. Proposto por Louhaichi, Borman e Johnson (2001), este índice tem potencial promissor de aplicação para análises vegetais, uma vez que apresentou resultados satisfatórios para avaliação da fração da vegetação. Hunt-Jr *et al.* (2011) fizeram pequenas mudanças, e afirmam que o GLI apresenta resultados robustos para avaliação da vegetação, podendo ser utilizado como fator indicativo de degradação vegetal, já que apresentaram boas correlações com alterações na clorofila foliar (EQUAÇÃO II).

$$(I) \quad NGRDI = \frac{(G - R)}{(G + R)}$$

onde:

R: Número Digital da Banda Red (Vermelho)

G: Número Digital da Banda Green (Verde)

B: Número Digital da Banda Blue (Azul)

$$(II) \quad GLI = \frac{(2 \times Rg - Rr - Rb)}{(2 \times Rg + Rr + Rb)}$$

onde:

Rr: Valor de reflectância na faixa espectral da Banda Red (Vermelho)

Rg: Valor de reflectância na faixa espectral da Banda Green (Verde)

Rb: Valor de reflectância na faixa espectral da Banda Blue (Azul)

Para obtenção do valor de reflectância nas faixas espectrais das bandas RGB foram utilizadas as seguintes equações:

$$Rr = \frac{R}{(R + G + B)}$$

$$Rg = \frac{G}{(R + G + B)}$$

$$Rb = \frac{B}{(R + G + B)}$$

3.2.2. Processamento das imagens

O processamento dos voos foi efetuado no *software SIG Agisoft Metashape Professional*, seguindo as etapas de: (1) importação das imagens; (2) calibração das câmeras; (3) análise e avaliação da qualidade das imagens; (4) inserção de máscaras; (5) realinhamento das imagens; (6) redução de ruídos; (7) construção da Nuvem de Pontos Densa; (8) geração do Modelo Digital de Superfície (MDS); (9) geração do Modelo Digital de Elevação (DEM); (10) geração do ortomosaico das imagens; (11) criação do Relatório de Processamento.

As equações correspondentes aos referidos índices foram inseridas no QGIS 3.26.3, a partir do empilhamento das bandas, possibilitando o desenvolvimento de imagens georreferenciadas, ao passo que foram processados os índices. Para chegar aos valores de cada IV foi utilizada a ferramenta *calculadora raster*, onde as equações foram inseridas para cálculo.

Foi utilizada a ferramenta do QGIS, *raster value to points*, a qual transforma o arquivo matricial em um arquivo vetorial composto por pontos correspondentes aos valores e posições dos pixels do raster original. Desta forma, tem-se acesso à tabela de atributos, ponto por ponto, ou seja, par por par de coordenadas. Após este procedimento, foram tirados os valores dos pixels da refletância das áreas das culturas, visando o cálculo dos valores dos índices espectrais de acordo com o horário de captura das imagens.

As imagens passaram por calibração radiométrica por meio de processamentos digitais, aonde foi feito o cálculo da radiância das bandas utilizadas. Este cálculo consiste na conversão de dos números digitais (ND) de cada pixel das imagens em grandezas de radiância espectral no topo da atmosfera.

3.3. Análise estatística dos dados

Nas imagens já com os índices calculados foram marcados pontos nas culturas escolhidas para avaliação, sendo elas Banana, Café, Eucalipto em diferentes estágios

vegetativos (um com cerca de um ano de idade, e outro em idade mais avançada), Milho e Vegetação Nativa.

Em cada cultura foram marcados 10 pontos, totalizando 60 pontos. Posteriormente, estes pontos, juntamente com as imagens de cada horário com os índices já calculados passaram pela ferramenta *Buffer* (Figura 03), que tem como função o cálculo de distâncias em linha reta entre dois pontos de um plano.



Figura 03 – Imagem demonstrativa do uso da ferramenta *Buffer*.

Em seguida, foi usada a ferramenta *Estatísticas Zonais* do QGIS, a qual permitiu que fossem calculados os valores médios, mínimos e máximos de cada ponto, e posteriormente esses dados foram exportados e organizados no Excel 2016 para a realização da análise estatística.

Após este procedimento, foram tirados os valores dos pixels da refletância da área, visando o cálculo dos valores dos índices espectrais de acordo com o horário de captura das imagens e, então, foi realizada a análise estatística dos dados obtidos através do *software* estatístico Sisvar 5.3 Build 77, aonde foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados da Tabela 01, do ponto de vista dos diferentes horários dentro da mesma cultura, é possível observar que a Banana foi mais responsiva no horário de meio dia e menor resposta às 14h, os demais horários não obtiveram diferenças estatística significativas. O café obteve melhor resposta no horário de 08h, sendo que às 10h e às 14h não demonstrou diferença e, 12h e às 16h obteve menor reposta. O eucalipto apresentou melhor resposta no horário de 12h, houve pouca diferença entre este horário e os horários de 08h, 10h e 14h, e às 16h obteve menor resposta.

O eucalipto jovem não obteve diferenças estatísticas em nenhum horário estudo e, comparando com as demais culturas, obteve as menores respostas espectrais, provavelmente devido ao fato de que, por ser uma cultura mais jovem, ainda não possui copa totalmente formada, gerando pouco sombreamento e refletindo muita luz solar. O milho apresentou melhor resposta 12h, sem diferenças estatísticas entre os demais horários. Por fim, a área de mata nativa não demonstrou diferenças estatísticas entre às 08h até às 14h, obtendo resposta menor às 16h, presumivelmente devido á maior projeção de sombra neste horário, já que possui copa maior e mais fechada, quando comparado ás demais culturas examinadas.

Observando os dados do ponto de vista das diferentes culturas dentro do mesmo horário, é observado que, às 08h, o café obteve maior resposta, enquanto que a banana e o milho obtiveram mesma resposta, bem como mata nativa e eucalipto, já o eucalipto jovem obteve menor resposta. Às 10h, as respostas foram semelhantes, tendo o café sendo mais responsivo e o eucalipto jovem com valores inferiores. No horário de 12h, as culturas de banana e milho obtiveram melhores respostas, seguidos pelo café, milho e mata nativa não demonstram diferenças significativas e, o eucalipto jovem obteve menor resposta.

Às 14h, o café apresentou resposta mais alta, já a banana e o milho apresentaram respostas iguais quando comparado às demais culturas, bem como o eucalipto e a mata nativa tiveram o mesmo comportamento, e o eucalipto jovem com resposta inferior. Às 16h, a banana, o café e o milho obtiveram o mesmo comportamento, apresentando-se superior às demais culturas, o eucalipto obteve resposta distinta e, e o eucalipto jovem e a mata nativa apresentaram as menores respostas.

Observando as médias gerais, constata-se que o horário de 12h foi o que obteve melhor resposta dentre as culturas, enquanto às 14h e às 16h apresentaram menores valores. Dentre as

culturas, o café demonstrou-se mais responsivo, seguido de banana e milho, posteriormente eucalipto e mata nativa e, por fim, o eucalipto jovem com menor resposta.

Com os resultados obtidos nesse trabalho, verifica-se que as culturas da banana, café e milho estão de acordo com a pesquisa de Rouse, *et al.* (1973), que diz que o valor obtido pela aplicação do GLI, o qual utiliza as bandas do visível, varia entre -1 e 1, porém, geralmente, devido a atividade da clorofila, o intervalo encontra-se entre 0,2 e 0,8

Tabela 01 - Valores do índice GLI para os diferentes horários de voo e diferentes culturas agrícolas e florestais.

	Banana	Café	Eucalipto	Eucalipto Jovem	Milho	Mata Nativa	Média Geral
08h	0,218 bcB	0,289 aA	0,134 abC	0,052 aD	0,214 bB	0,142 aC	0,175 ab
10h	0,207 bcB	0,254 abA	0,126 abC	0,053 aD	0,199 bB	0,145 aC	0,164 bc
12h	0,268 aA	0,227 bB	0,162 aC	0,059 aD	0,260 aAB	0,133 bC	0,185 a
14h	0,183 cB	0,260 abA	0,128 abC	0,049 aD	0,208 bB	0,118 bC	0,158 c
16h	0,233 abA	0,227 bA	0,113 bB	0,046 aC	0,215 bA	0,067 bC	0,150 c
Média Geral	0,222 B	0,251 A	0,133 C	0,052 D	0,219 B	0,121 C	

*Letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tuckey a 5% de probabilidade.

**Letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste Tuckey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 02, nota-se que a banana foi mais responsiva às 16h, seguido do horário de 12h. O café obteve resposta semelhantes entre si durante todos os horários em que houve estudos. O eucalipto também não obteve diferença significativa em nenhum horário.

O eucalipto jovem foi o que apresentou as menores respostas quando comparado às demais culturas, este comportamento, provavelmente, foi devido ao fato desta cultura ter melhor área foliar que as demais estudadas, além disso, não houve diferenciação estatística entre nenhum dos horários estudados. O milho obteve resposta superior no horário às 10h e às 12h, posteriormente estão os horários das 08h e às 16h, e às 14h a resposta foi inferior. Na mata nativa observa-se o comportamento inferior às 14h, enquanto os outros horários obtiveram respostas estatísticas semelhantes, com uma leve superioridade às 10h.

Quando se trata da análise dos diferentes horários para mapeamento, às 08h o café obteve o melhor resultado, apesar do milho e banana estarem muito próximos, seguidos da mata

nativa, eucalipto e eucalipto jovem, respectivamente. Às 10h, o milho e o café apresentaram as respostas mais altas, mata nativa e banana tiveram o mesmo comportamento espectral, os diferentes eucaliptos apresentaram respostas inferiores.

No horário de 12h, banana, milho e café tiveram o mesmo comportamento, seguidos de mata e nativa eucalipto, e o eucalipto jovem obteve comportamento inferior. Às 14h, o café apresentou maiores valores, posteriormente vem banana, eucalipto, milho e nativa estatisticamente iguais, e eucalipto jovem com respostas mais baixas. Às 16h, banana e milho foram mais responsivos, café, eucalipto e mata nativa tiveram respostas semelhantes e, por fim, nota-se no eucalipto jovem um comportamento inferior aos demais.

Quando se trata das médias gerais, às 14h foi o único horário que diferiu estatisticamente dos demais. Examinando as médias gerais das culturas, constata-se que banana, café e milho obtiveram a mesma resposta estatística, sendo superiores as demais, eucalipto e mata nativa vem em seguida, e o eucalipto jovem apresentou o comportamento inferior.

Motohka *et al.*, (2010), ao avaliaram a utilização o NGRDI, encontraram em suas análises valores entre - 0,112 e 0,371, estando de acordo com o intervalo de valores encontrado no presente trabalho.

Tabela 02 - Valores do índice NGRDI para os diferentes horários de voo e diferentes culturas agrícolas e florestais.

	Banana	Café	Eucalipto	Eucalipto Jovem	Milho	Mata Nativa	Media Geral
08h	0,115 cAB	0,186 aA	0,093 aCD	0,046 aD	0,139 bcABC	0,116 abBC	0,120 ab
10h	0,140 cB	0,166 aAB	0,076 aC	0,054 aC	0,198 aA	0,145 aB	0,129 a
12h	0,198 bA	0,155 aAB	0,111 aB	0,052 aC	0,170 abA	0,113 abB	0,133 a
14h	0,115 cB	0,174 aA	0,112 aB	0,049 aC	0,119 cB	0,093 bBC	0,110 b
16h	0,249 aA	0,176 aB	0,098 aB	0,054 aC	0,132 bcAB	0,116 abBC	0,136 a
Media Geral	0,169 A	0,172 A	0,098 B	0,050 C	0,151 A	0,116 B	

*Letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tuckey a 5% de probabilidade.

**Letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste Tuckey a 5% de probabilidade.

Ao ser realizada a comparação entre as duas tabelas, é possível afirmar que a tabela com valores de GLI (Tabela 01) apresentou maiores médias tanto para a comparação de culturas, quanto para comparação de horários que a tabela com valores de NGRDI (Tabela 02).

Estes resultados corroboram com o encontrado por Filho, Brites e Bias (2019), que afirmam em sua pesquisa que, comparando os IV's citados acima, o GLI apresentou valores médios superiores que o NGRDI, além de que, ao se considerar o comportamento de diferentes fitofisionomias, as formações florestais apresentaram comportamentos estáveis e com baixas variações.

Também é possível observar que em ambas as tabelas, a cultura mais responsiva foi o café e o eucalipto jovem foi a que teve as repostas mais inferiores. Apesar das duas diferirem entre as repostas dos horários de voo, ambas apresentaram o horário de 12h dentro os de comportamento superior.

Através da análise visual das figuras abaixo (Figuras 04 a 08), pode-se verificar que os índices GLI e NGRDI foram capazes de expressar em mesma magnitude a variabilidade presente na área de forma eficiente, também é possível observar que o GLI apresentou maior incidência da coloração verde em qualquer horário examinado. As regiões destacadas em vermelho apresentam parcelas no qual o valor médio dos pixels foi menor.

A maior diferença dentre os IV's estudados pode ser observada na Figura que demonstra o ultimo horário analisado (Figura 08), onde há grande discrepância na área de mata nativa (canto superior esquerdo da imagem), a qual o NGRDI apresenta mais incidência e intensidade de pontos verde.

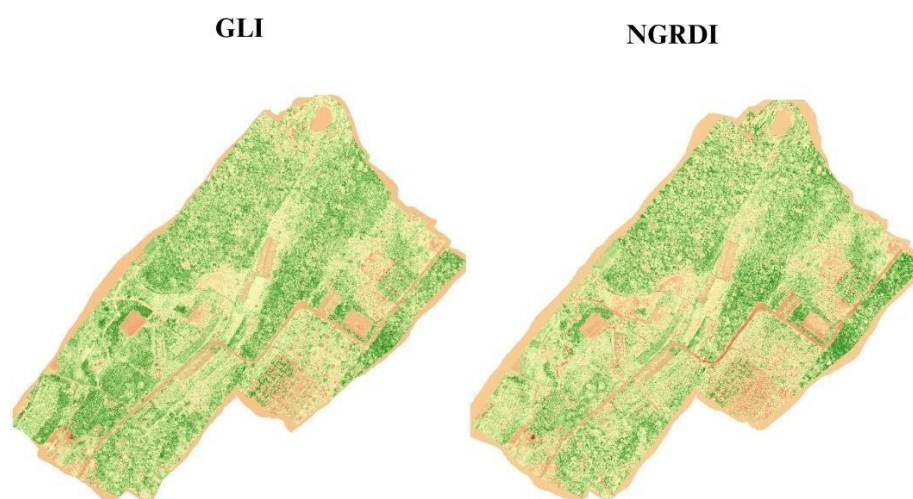


Figura 04 – Índices espectrais calculados às 08h horas.

GLI

NGRDI

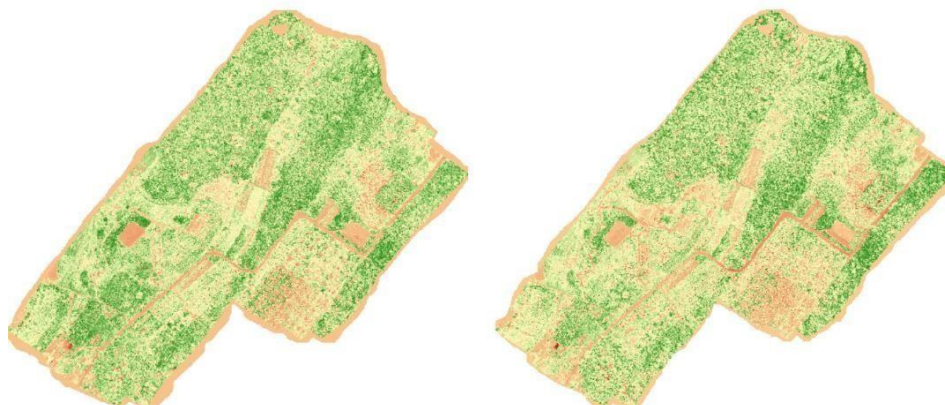


Figura 05 – Índices espectrais calculados às 10h horas.

GLI

NGRDI

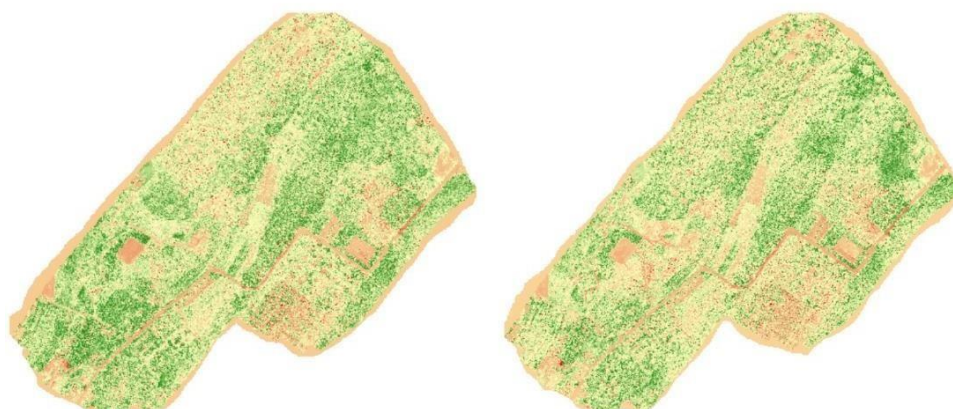


Figura 06 – Índices espectrais calculados às 12h horas.

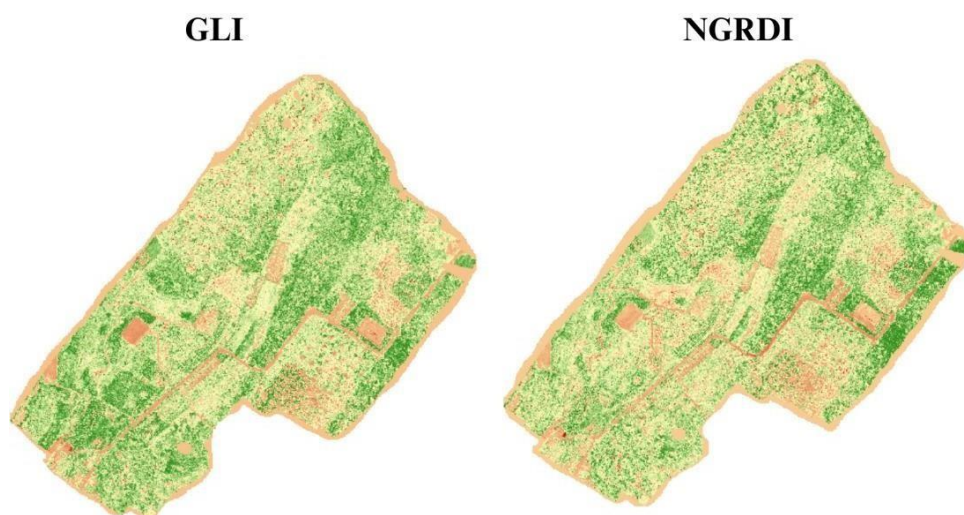


Figura 07 – Índices espectrais calculados às 14h horas.

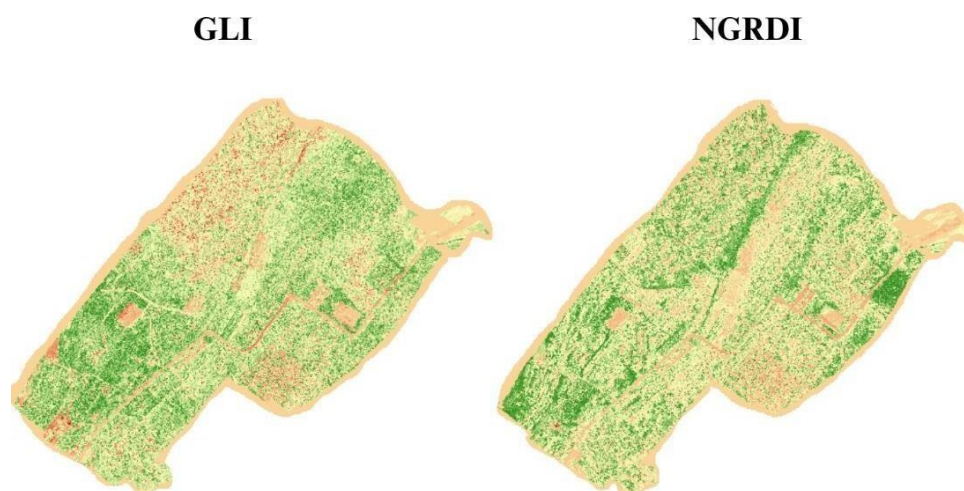


Figura 08 – Índices espectrais calculados às 16h horas.

Quando se examina os ortomosaicos criados para o voo de 12h horas (Figura 09) e para o voo de 16h horas (Figura 10), é possível notar visualmente que, apesar de haver um pouco de sombreamento de nuvens às 12h, às 16h este sombreamento demonstra-se superior, principalmente devido à sombra causada pelas próprias culturas, destacando-se a incidência de sombra em culturas de maior porte, como por exemplo, a mata nativa e o eucalipto, os quais estão localizados na parte superior das imagens.



Figura 09 – Ortomosaico do voo de 12h horas.



Figura 10 – Ortomosaico do voo de 16h horas.

5. CONCLUSÕES

É possível concluir que o horário de voo é capaz de interferir em análises de índices espectrais, foi notável que, para o GLI, o horário de 12h apresentou melhor resposta, com valores superiores para as culturas, e média geral estatisticamente elevada em relação aos demais horários. Para o NGRDI, houve pouca diferença estatística entre os horários, sendo que, às 14h, a média demonstrou resposta inferior em relação aos demais horários.

O GLI apresentou valores mais altos que o NGRDI, em todas as variáveis analisadas.

Para as culturas analisadas, chegou-se à conclusão que, aquelas de maior porte, ou seja, culturas florestais (eucalipto e mata nativa), apresentaram repostas pouco variáveis, mas com repostas mais altas entre os horários de 10h e 12h, presumivelmente devido a estes horários possuírem menor sombreamento que os demais. O eucalipto jovem demonstrou a mesma resposta e mais baixa que as demais culturas independentes do horário analisado, provavelmente devido a sua copa não estar totalmente formada, fazendo com que seja analisada parte do solo também.

Banana, café e milho apresentaram repostas médias mais altas dentre as culturas analisadas, especialmente o café. Para banana e milho o melhor horário foi o de 12h. Já para o café, mesmo obtendo resposta espectral semelhante entre os horários, os maiores valores são vistos às 08h.

Assim, essa pesquisa confirma que, de forma geral, o melhor horário para captação de imagens é em torno do meio dia, pois, devido à posição do sol, há menor sombreamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, E. *et al.* Uso da resposta espectral na identificação e monitoramento de espécies florestais a partir de imagens de média resolução espacial. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, n. 17, 2015, João Pessoa. **Anais**. p. 2900-2906, João Pessoa, 2015.

AMARAL, G. M. *et al.* Uso da geotecnologia para o mapeamento da cultura do café na microrregião de Ariquemes no Estado de Rondônia. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, n. 15, 2011, Curitiba. **Anais**. p. 4170-4176, Curitiba, 2011.

AMORIM, A. M. *et al.* Avaliação da resposta espectral de um fragmento florestal do bioma mata atlântica. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. n. 19, 2019, Santos. **Anais**. p. 267-270, Santos, 2019.

ANDRADE, R. G. *et al.* **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) no monitoramento dos estádios de desenvolvimento da cultura do milho**. Embrapa Gado de Leite, p. 225-234, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209340/1/Cap-21-Ebook-EngSanitAmb-Ricardo.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

BISSO, A. B. A. Dados do sensor HYPERION/EO1 para a análise de áreas de Mata Atlântica e de bananais no nordeste do Ri Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 85 p. 2010.

BRITO, M. M. de.; FARIAS, A. Espectroradiometria foliar de árvores frutíferas e o efeito da umidade sobre a resposta espectral das folhas. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, n. 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. p. 3245-3252, Foz do Iguaçu, 2013.

CABRAL, L. O.; VEIGA, A. J. P.; MATTA, J. M. B. da. Climatologia e saúde: o ensino dos elementos meteorológicos e sua relação com a incidência de doenças respiratórias. **Colóquio do Museu Pedagógico**, v. 1, 2015. Disponível em <<http://periodicos.uesb.br/index.php/cmp/article/view/5013>>. Acesso em: 30/09/2021.

CHAVES, I. de B. *et al.* **Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e da degradação da caatinga da bacia do Rio Taperoá-PB**. Embrapa Algodão, 31 p. 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/977328/1/CAPLIVROTAPEROAPB.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

CORRÊA, A. L.; QUARESMA, J. E. Uso de drone em levantamento planialtimétrico para obtenção de ortofoto e modelo digital do terreno. **Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 01, 19 p. 2018.

EPIPHANIO, J. C. N.; LEONATDI, L.; FORMAGGIO, A. R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 439-447, 1994.

Epiphanio, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FILHO, D. J. C. **Utilização de índices de vegetação baseados na porção visível do espectro eletromagnético para monitoramento de fitofisionomias do cerrado**. Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento e Análise Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmicas do Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 147 p. 2019.

FILHO, D. J. C.; BRITES, R. S.; BIAS, S. de E. Potencialidades de Aplicação dos Índices de Vegetação Baseados na Porção Visível do Espectro das Radiações Eletromagnéticas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Rio de Janeiro, v. 42 – 4, p. 83 – 93, 2019.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**, Oficina de textos, São Paulo/SP, 2002.

FURLANETTO, R. H. **Sensores multi e hiperespectrais na identificação e quantificação da deficiência de potássio na cultura do milho (*Zea mays*)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. 122 p. 2018.

HOLANDA, A. SOUSA DE; GUERRA, C. E. Monitoramento da região do Eixo - Forte no município de Santarém – PA utilizando imagens dos índices de vegetação de NDVI e NDWI. *In*: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, nº 3, 2010, Recife. **Anais**. p. 001-005, 2010.

HUNT-JR, E. R. *et al.* Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. **Precision Agriculture**, v. 6, n. 4, p. 359–378, ago. 2005.

HUNT-JR, E. R. *et al.* Remote sensing leaf chlorophyll content. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 2, p. 1090–1099, 2011.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] **Relatório Anual, 2022**. 96 p. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em 16 mar. 2023.

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphanyo *et al.* São José dos Campos - SP. 2009.

JENSEN, J. R., 2011. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. Ed. Parênteses, São José dos Campos – SP, 2011.

KANEMASU, E. T. Seasonal canopy reflectance patterns of wheat, sorghum, and soybean. **Remote Sensing of Environment**, v. 3, n. 1, p. 43–47, jan. 1974.

LI, W.; NIU, Z.; CHEN, H.; LI, D.; WU, M.; ZHAO, W.; Remote estimation of canopy height and aboveground biomass of maize using high-resolution stereo images from a low-cost unmanned aerial vehicle system. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 637-648, 2016.

LIM SOON, E.; ISMAIL, R.; HASHIM, W.; BAHARUM, A. The use of VARI, GLI, and VIGREEN formulas in detecting vegetation in aerial images. **International Journal of Technology**, v. 10, n. 7, p. 1385–1394, 2019.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 1ª edição. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. **Geocarto International**, v. 16, n. 1, p. 65–70, 2001.

MAGNANTE, L. H. Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. **EMBRAPA**, 14 out. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

MOTOHKA, T. *et al.* Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. **Remote Sensing**, v. 2, p. 2369-2387, 2010.

MUTANGA, O.; DUBE, T.; GALAL, O. Remote sensing of crop health for food security in Africa: Potentials and constraints. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Amsterdam, v. 8, p. 231-239, 2017.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher Ed, 2010.

RAMOS, A. C. F. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado à análise do índice de vegetação na microrregião de Santarém – PA (2005 e 2015). *In: Congresso Nacional de Geografia*, nº 1, 2017, Campinas. **Anais**. p. 001-005, 2017.

REMPEL, C. **Aplicação do sensoriamento remoto para determinação da evolução da mata nativa da bacia hidrográfica do Rio Forqueta – RS, entre 1985 e 1995**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 85 p. 2000.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains. *In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Technical Presentations, NASA SP-351, v. 1, 1974.

SANTIAGO, M. I. L. **Detecção precoce da murcha-de-ceratocystis em eucalipto por meio da espectroscopia foliar**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 56 p. 2022.

SILVA, J. F. *et al.* Índices de vegetação do Sensoriamento Remoto para processamento de imagens na faixa do visível (RGB). **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**. Recife, v. 9, p. 228-240, 2019.

SOUZA, G. de S. *et al.* Influência da direção de semeadura do milho nas variáveis reflectância e índice de vegetação verde normalizado. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 79-84, 2004.

TRENTIN, A. B. *et al.* Análise de séries temporais modis em plantios de Eucalipto. **Mercator**. Fortaleza, v. 17, p. 1-11, 2018.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127–150, 1979.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. Academic Press, 2007.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; LACERDA, M. P. Parâmetros culturais para avaliação do comportamento espectral da cultura do café (*coffea arábica*) em Minas Gerais. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, n. 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais**. p. 247-254, 2003.

VITÓRIA DA CONQUISTA, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Meio Ambiente.
Geografia. Vitória da Conquista, 2020.

XAVIER, B. S. **Topografia: levantamento convencional x aerofotogrametria.** Monografia
(Bacharel em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de
Fora. Juiz de Fora, 59 p. 2020.