



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

GISELLA MARTHA SILVA SIMÕES DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ÍNDICE NDVI EM VINHEDO
DA CULTIVAR ISABEL PRECOCE E SUA UTILIZAÇÃO COMO PREDITOR
DE PRODUTIVIDADE**

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

GISELLA MARTHA SILVA SIMÕES DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ÍNDICE NDVI EM VINHEDO
DA CULTIVAR ISABEL PRECOCE E SUA UTILIZAÇÃO COMO PREDITOR
DE PRODUTIVIDADE**

Artigo apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.
Orientador: Dr. José Alberto Alves de Souza

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2023

Catálogo: Leidiane Reis – CRB-5/1959
IF Baiano, Campus Guanambi

S237v Santos, Gisella Martha Silva Simões dos
Variabilidade espacial e temporal do índice NDVI em vinhedo da cultivar
Isabel precoce e sua utilização como preditor de produtividade. Gisella
Martha Silva Simões dos Santos. – Guanambi, Ba, 2023.
26f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no
Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
- Campus Guanambi.

Orientador: Prof. José Alberto Alves de Souza
Coorientador: Leandro Gonçalves dos Santos Ferreira

1. Uva. 2. Sensoriamento remoto. 3. Drone. I. Título.

CDU: 634.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido

TERMO DE APROVAÇÃO NO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ÍNDICE NDVI EM VINHEDO DA CULTIVAR ISABEL PRECOCE E
SUA UTILIZAÇÃO COMO PREDITOR DE PRODUTIVIDADE,**

Por

Gisella Martha Silva Simões dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 14:00 do dia 18 de julho de 2023 como requisito para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora, composta pelos professores/pesquisadores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o Trabalho APROVADO.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza - Presidente; Prof. Dr. Carlos Elizio Cotrim - Titular

Prof. Dr. Joice Andrade Bonfim – Titular; Prof. Dr. Leandro Gonçalves dos Santos - Titular

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 26/09/2023 18:52:26.
- **Leandro Goncalves dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 26/09/2023 18:25:59.
- **Jose Alberto Alves de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 26/09/2023 17:22:00.
- **Carlos Elizio Cotrim, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GBI-CESM**, em 26/09/2023 17:17:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/09/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 493086
Verificador: 3a2b688745
Código de
Autenticação:



DEDICO:

Ao Grande Arquiteto do Universo, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Gratidão por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir e principalmente por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente. Gratidão por ser a minha força e o meu guia em todos os momentos!

Ao meu filho Hauã Henri Simões dos Santos, o SOL que ilumina os meus dias, minha fonte de inspiração, minha maior realização e alegria. Gratidão meu amor por ser este jovem tão sincero, justo, amigo e companheiro da minha trajetória. Te amo infinitamente!

Ao meu esposo Leandro Gonçalves dos Santos, por todo incentivo e por me motivar sempre a ser MELHOR e mais FORTE do que imagino que sou.

OFEREÇO:

Aos meus pais Moacyr Alves Simões e Ruth Maria Silva Simões por todos os exemplos de respeito, dignidade, honestidade e amor ao próximo que são a base da minha educação. Por me ensinarem a ser forte, corajosa e falar sempre a verdade, sabendo que esta é, na essência, um ato de valor. Agradeço a paciência e compreensão com minha ausência durante essa jornada.

Gisella Martha Silva Simões dos Santos

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, quero agradecer ao Grande Arquiteto do Universo, o meu Deus, por ter abençoado e protegido todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir durante esta trajetória, em grande parte remotamente, ficando em frente a uma tela de computador oito horas por dia, horas aprendendo, horas ensinando e passando palavras de estímulo, fé e resiliência para os meus queridos alunos, a maior vitória durante esse período sem dúvidas era preservar a VIDA.

Trilhar este caminho só foi possível com o apoio, energia e força de várias pessoas, aos quais externo minha profunda GRATIDÃO!

Ao meu orientador José Alberto Alves de Souza, por acreditar e confiar no meu trabalho quando mais precisei,

Ao Professor Leandro Gonçalves dos Santos pelo apoio, incentivo, acompanhamento constante e por ser um exemplo de profissional que se preocupa em cumprir o seu propósito para com o IFBAIANO,

Aos professores Sérgio Luiz Rodrigues Donato, Carlindo Santos Rodrigues, Alessandro de Magalhães Arantes, Marcelo Rocha dos Santos Joice Bonfim e Daniele Trindade pela dedicação e conhecimentos adquiridos,

Aos colegas da Pós-Graduação Mariana, Bernardo, Sirley, Beatriz pelos estudos em grupo online “ainda não nos conhecemos pessoalmente!”,

Aos alunos da Graduação Ernando, Natan, Flávio, Denise e Lorrany pela ajuda durante o experimento,

À vinícola Mangueira pelo fornecimento do espaço para realização do experimento, nas pessoas do Pedro, Camila e do funcionário Gal,

Aos meus pais deixo um agradecimento especial, sinto-me orgulhosa e privilegiada por ser fruto de vocês nesta existência. E aos meus amados irmãos pelas palavras de incentivo, pelas orações, por estarem presentes mesmo quando a distância física nos impediu,

À Maria Aparecida dos Santos Souza, por cuidar de cada detalhe para que eu e minha família estivéssemos em harmonia durante todo este período “GRATIDÃO minha Didi!”,

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado,

Por fim, o meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização deste trabalho, estimulando o meu crescimento intelectual e emocionalmente.

RESUMO

SANTOS, G. M. S. S, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, Guanambi, julho de 2023. **Variabilidade espacial e temporal do índice NDVI em vinhedo da cultivar Isabel precoce e sua utilização como preditor de produtividade**. Orientador: Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza. Coorientador: Prof. Dr. Leandro Gonçalves dos Santos

A viticultura desempenha papel socioeconômico muito importante no Nordeste, onde tem contribuído para o abastecimento do mercado interno. Sensores multiespectrais são utilizados na agricultura para avaliar a variabilidade espacial das culturas. Porém, são escassos os estudos usando essas ferramentas. Este trabalho teve como objetivo, analisar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) da cultura da uva, a partir das imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada (ARP) e relacioná-la com a produtividade. Utilizou-se uma ARP Phantom 4, com câmera multiespectral RedEdge-M com cinco sensores ópticos de resolução radiométrica, que captaram imagens nas bandas espectrais BLUE (475 nm), GREEN (560 nm), RED (668 nm), RED EDGE (717 nm) e NIR (840 nm). A avaliação do NDVI foi feita em quatro estádios fenológicos diferentes, e apresentou variações com valores crescentes, com o maior NDVI na fase E-L35. O NDVI na fase E-09 apresentou correlação moderada significativa com teor foliar de fósforo e teor de Sólidos Solúveis, enquanto o NDVI na fase E-L35 apresentou correlação moderada significativa com a produtividade. **Palavras-chave:** sensoriamento remoto; drone; uva.

ABSTRACT

SANTOS, G. M. S. S, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Guanambi, 2023, July. **Spatial and temporal variability of the NDVI index in Isabel precocious cultivar vineyard and its use as a productivity predictor.** Adviser: DSc José Alberto Alves de Souza. Co-adviser: DSc Leandro Gonçalves dos Santos

Viticulture plays a very important socioeconomic role in the Northeast, where it has contributed to supplying the domestic market. Multispectral sensors are used in agriculture to assess the spatial variability of crops. However, studies using these tools are scarce. The objective of this work was to analyze the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of the grape crop, from the images obtained by an unmanned aerial vehicle (UAV) and correlate it to productivity. An UAV Phantom 4 was used, with a RedEdge-M multispectral camera with five optical sensors of radiometric resolution, which captured images in the spectral bands BLUE (475 nm), GREEN (560 nm), RED (668 nm), RED EDGE (717 nm) and NIR (840 nm). The NDVI evaluation was carried out in four different phenological stages, and presented variations with increasing values, with the highest NDVI in the E-L35 phase. The NDVI in the E-09 phase showed a moderately significant correlation with leaf phosphorus content and Soluble Solids content, while the NDVI in the E-L35 phase showed a moderately significant correlation with productivity.

Keywords: remote sensing; drone; grape.

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ÍNDICE NDVI EM VINHEDO DA CULTIVAR ISABEL PRECOCE E SUA UTILIZAÇÃO COMO PREDITOR DE PRODUTIVIDADE

Gisella Martha Silva Simões¹; Ernando Donato de Souza¹,
Leandro Gonçalves dos Santos¹; José Alberto Alves de Souza¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi.
gisamartha@gmail.com; leandro.santos@ifbaiano.edu.br

Resumo: A viticultura desempenha papel socioeconômico muito importante no Nordeste, onde tem contribuído para o abastecimento do mercado interno. Sensores multiespectrais são utilizados na agricultura para avaliar a variabilidade espacial das culturas. Porém, são escassos os estudos usando essas ferramentas. Este trabalho teve como objetivo, analisar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) da cultura da uva, a partir das imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada (ARP) e relacioná-la com a produtividade. Utilizou-se uma ARP Phantom 4, com câmera multiespectral RedEdge-M com cinco sensores ópticos de resolução radiométrica, que captaram imagens nas bandas espectrais BLUE (475 nm), GREEN (560 nm), RED (668 nm), RED EDGE (717 nm) e NIR (840 nm). A avaliação do NDVI foi feita em quatro estádios fenológicos diferentes, e apresentou variações com valores crescentes, com o maior NDVI na fase E-L35. O NDVI na fase E-09 apresentou correlação moderada significativa com teor foliar de fósforo e teor de Sólidos Solúveis, enquanto o NDVI na fase E-L35 apresentou correlação moderada significativa com a produtividade.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; drone; uva.

Abstract: Viticulture plays a very important socioeconomic role in the Northeast, where it has contributed to supplying the domestic market. Multispectral sensors are used in agriculture to assess the spatial variability of crops. However, studies using these tools are scarce. The objective of this work was to analyze the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of the grape crop, from the images obtained by an unmanned aerial vehicle (UAV) and correlate it to productivity. An UAV Phantom 4 was used, with a RedEdge-M multispectral camera with five optical sensors of radiometric resolution, which captured images in the spectral bands BLUE (475 nm), GREEN (560 nm), RED (668 nm), RED EDGE (717 nm) and NIR (840 nm). The NDVI evaluation was carried out in four different phenological stages, and presented variations with increasing values, with the highest NDVI in the E-L35 phase. The NDVI in the E-09 phase showed a moderately significant correlation with leaf

phosphorus content and Soluble Solids content, while the NDVI in the E-L35 phase showed a moderately significant correlation with productivity.

Keywords: remote sensing; drone; grape.

Introdução

A viticultura é um ramo da fruticultura dedicada à produção de uva de mesa e industrial, que além de expressão econômica, cumpre também importante papel social. Por ser uma cultura exigente em mão-de-obra, o cultivo da uva resulta em mais postos de trabalho do que outras culturas. Considerando-se a média de dois empregos diretos gerados por hectare de uva, estima-se que a viticultura gere mais de 146 mil empregos diretos no Brasil.

A uva é a quarta fruta mais produzida no mundo. De acordo com projeções do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a China é o maior produtor mundial e deverá produzir, na safra 2021/22, o equivalente a 11,2 milhões de toneladas de uva. No Brasil, a uva é a terceira fruta mais produzida, ficando atrás apenas da laranja e da banana, correspondendo, em 2020, a 1,435 milhões de toneladas (IBGE, 2022).

A região Nordeste é a segunda maior produtora de uva no país (MELLO; MACHADO, 2021). O Vale do São Francisco, nos estados da Bahia e Pernambuco, é um importante polo produtor de uva no Brasil, e foi responsável pela produção de 388,3 mil toneladas da fruta em 2020, conforme dados do Observatório da Uva (EMBRAPA, 2022). No Perímetro Irrigado de Ceraíma, município de Guanambi, a produção de uva representou 7% do valor bruto de produção (VPB) no ano de 2022 (CODEVASF, 2023).

Atualmente, o aumento na demanda dos consumidores é acompanhado pela exigência por alimentos mais seguros, de melhor qualidade e que seu padrão produtivo utilize os recursos naturais, como solo e água, de forma mais racional e sustentável, de maneira a manter sua capacidade produtiva no longo prazo.

Isso tem pressionado os viticultores na busca e inserção de novas tecnologias, para atender tal demanda sem onerar os custos de produção e de venda. No campo, essas tecnologias foram inseridas no pacote da agricultura de precisão, e no caso da cultura da uva, levou-se o nome de viticultura de precisão, tratando-se do conjunto de ferramentas para a caracterização da variabilidade espacial do vigor vegetativo da videira e identificação das condições que afetam seu desenvolvimento (BOMBIN, 2013), possibilitando apoiar o processo de tomada de decisão (OZDEMIR et al., 2017).

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), popularmente conhecidas como Drones, são plataformas de sensoriamento remoto atualmente muito utilizadas na agricultura, por serem ferramentas ágeis, com elevada resolução e que permitem avaliar a variabilidade espacial das culturas. Essas pequenas aeronaves são capazes de embarcar sensores multiespectrais que captam, separadamente, a radiação eletromagnética refletida pela vegetação nas bandas espectrais do vermelho (Red), do verde (Green), do azul (Blue), do Infravermelho (NIR) e da Borda do vermelho (Red Edge).

A partir de formulações matemáticas com a combinação dessas diferentes bandas espectrais, obtêm-se o índice vegetativo, que é uma medida radiométrica adimensional (BERGER et al., 2019). Na viticultura de precisão, a análise e interpretação do índice vegetativo permite classificar a cobertura vegetal e monitorar o desenvolvimento fenológico da cultura ao longo das safras, sendo possível, assim, obter avaliações qualitativas e quantitativas dos plantios, em períodos anteriores à colheita (BARBOSA, 2006; DEPPE et al., 2007; PADUA et al., 2018).

Dentre os diversos índices utilizados na agricultura, destaca-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), que relaciona a reflectância da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo. Por meio do NDVI, é possível avaliar a mudança no vigor vegetativo da cultura, além de poder relacioná-lo com parâmetros como: biomassa; área foliar; e produtividade (GALVANIN et al., 2014; CARUZO et al., 2017).

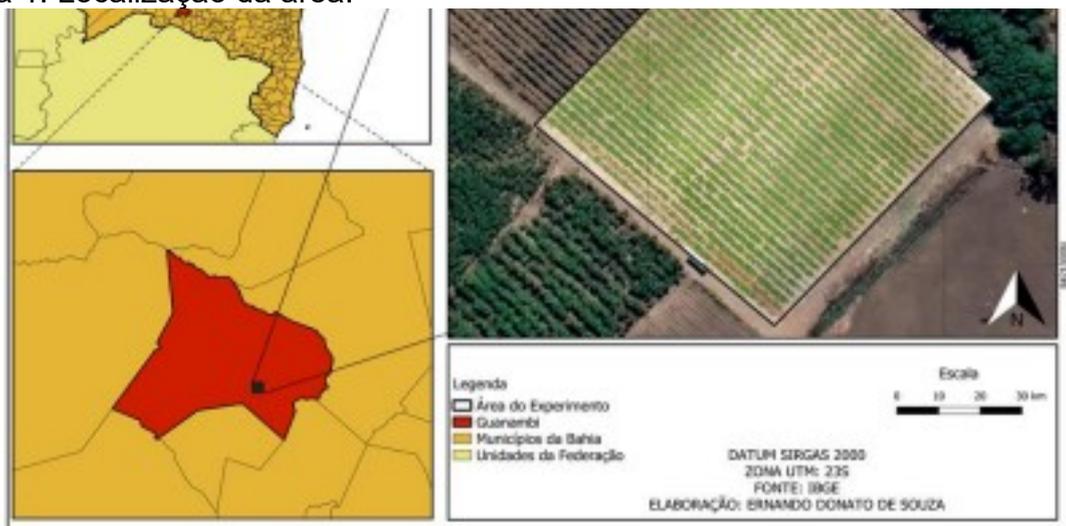
Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial e temporal do NDVI em dossel de vinhedo da cultivar Isabel precoce, usando sensor multiespectral embarcado em aeronave de asa rotativa de baixo custo.

Material e Métodos

Localização e área de estudo

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto a dezembro de 2021, em área da Vinícola Mangabeira, localizada no Perímetro Irrigado de Ceraíma, município de Guanambi-BA, coordenadas UTM 8419544 S e 746616 E, Zona 23 S (Figura 1).

Figura 1: Localização da área.



Esse empreendimento possui três talhões cultivados com uva *Vitis labrusca* L. cultivar Isabel Precoce e um talhão com *V. labrusca* cultivar BRS Violeta. Todos os talhões possuem área igual a 1 ha e a videira é cultivada em sistema de latada, com espaçamento de 3 x 2 m, resultando na densidade de 1667 plantas ha⁻¹.

Esse estudo foi conduzido em um talhão da cultivar Isabel Precoce. Essa cultivar é resultante de uma mutação somática da cultivar Isabel, que apresenta as mesmas características da cultivar original, com exceção da maturação antecipada em 20 a 35 dias e com cacho mais uniforme. Essa precocidade na maturação favorece a ampliação do período de colheita e o processamento industrial da uva para produção de suco integral. Dentre as principais características, os frutos apresentam sólidos solúveis totais entre 14 e 18 °Brix, acidez total igual a 51,8% e pH em torno de 3,27 (Ferri et al., 2017).

O clima característico da microrregião de Guanambi, de acordo com a classificação de Köppen (1936), é do tipo BSw_h, clima quente de caatinga; período seco bem definido de inverno e chuvas de verão. A temperatura média anual é de 26 °C; o risco de seca é considerado de médio a alto; a pluviosidade média anual é de 680 mm, irregularmente distribuídas, com período chuvoso concentrado entre novembro e janeiro; e de evapotranspiração anual de 1200 a 1400 mm (CODEVASF, 2005).

A videira é uma cultura que pode ter seu ciclo influenciado por condições meteorológicas como temperatura e pluviosidade (Pardo, 2016). Dessa forma, em Guanambi, a produção de uva no período seco, que vai de fevereiro a setembro, exige maior necessidade de irrigação, entretanto resulta em frutos com mais aroma e açúcares.

As videiras foram irrigadas por sistema de gotejamento, com emissores espaçados a cada 0,5 m e vazão de igual a 2,0 L h⁻¹. Após a poda, as plantas foram submetidas a aplicação do regulador de crescimento Cianamida hidrogenada, para induzir a quebra de dormência e a uniformidade de brotação. Os fertilizantes foram aplicados semanalmente, via fertirrigação, sendo três fertirrigações com cada um dos fertilizantes Dripsol: Inicial, Desenvolvimento, Crescimento e Produção.

Durante o ciclo de produção, foram realizadas três aplicações do fungicida a base de Metiran Piraclostrobina, para prevenção do míldio, oídio e ferrugem; duas aplicações de acaricida a base de Abamectina, para controle de ácaros; e uma aplicação do fertilizante foliar Vitaspray micronutrientes. Todas as aplicações foram realizadas conforme recomendação técnica para a cultura e sob a supervisão do Agrônomo responsável.

O solo da área é de textura franco-arenosa e apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O=7,4; M.O=0,7 g dm⁻³; Ca²⁺=3,2 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺=1,4 cmol_c dm⁻³; Na⁺=0,1 cmol_c dm⁻³; Al³⁺=0 cmol_c dm⁻³; SB=5,3 cmol_c dm⁻³; H+Al=1,0 cmol_c dm⁻³; t=5,3 cmol_c dm⁻³; T=6,2 cmol_c dm⁻³; m=0%; V=84%; P-mehlich=89,2 mg dm⁻³; K=167 mg dm⁻³; Cu=0,6 mg dm⁻³; Mn=42,4 mg dm⁻³; Zn=2,3 mg dm⁻³; Fe=120,1 mg dm⁻³; B=0,2 mg dm⁻³.

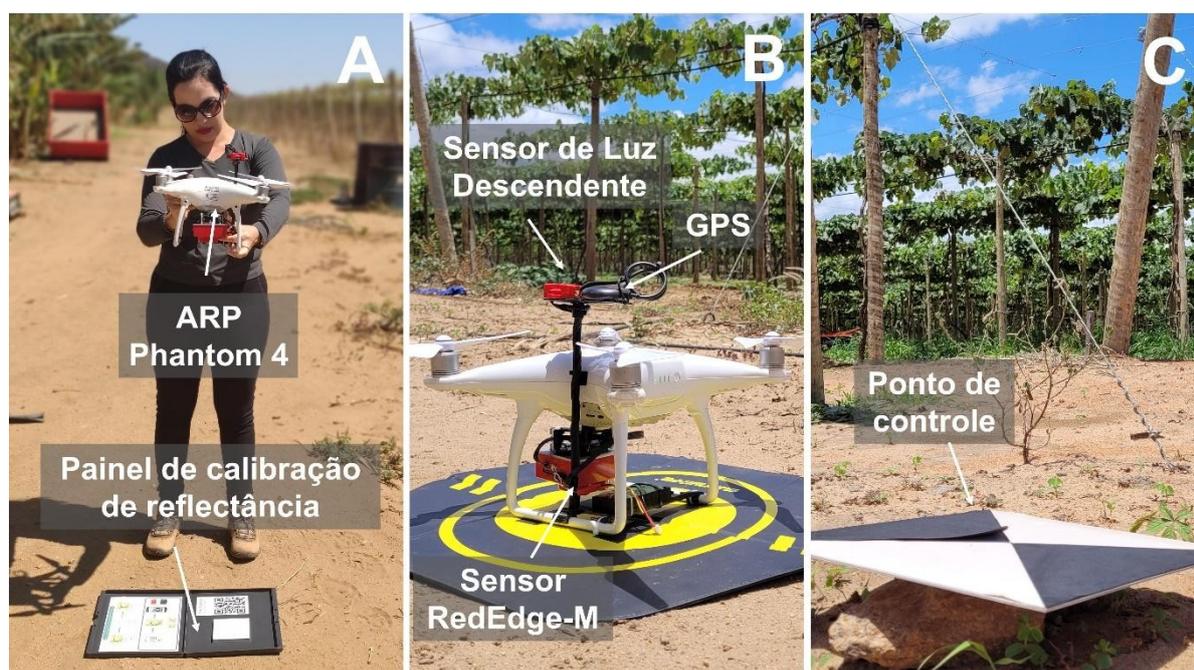
Aeronave Remotamente Pilotada (ARP)

Para o mapeamento aerofotogramétrico, utilizou-se uma ARP de asa rotativa quadricóptero Phantom 4, do fabricante DJI, adaptado para o transporte de uma câmera multiespectral externa. O Phantom 4 utiliza, como sistema de posicionamento, a constelação de satélites Glonass e GPS, que garantem uma precisão horizontal igual a 0,5 m durante o voo.

O Phantom 4 é alimentado por uma bateria de 5870 mAh, resultando numa autonomia aproximada de 30 minutos de voo. Com peso máximo de decolagem (PMD) igual a 1380 g, essa aeronave é enquadrada na Classe 3, conforme descrito no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial RBAC-E nº 94, da Agência Nacional de Aviação Civil (BRASIL, 2023).

A câmera multiespectral utilizada foi o modelo RedEdge-M (Figura 2A e 2B), da fabricante Micasense, a qual é equipada com cinco sensores ópticos de resolução radiométrica de 12 bit, que captam imagens nas bandas espectrais BLUE (475 nm), GREEN (560 nm), RED (668 nm), RED EDGE (717 nm) e NIR (840 nm). Essa câmera é dotada de um sensor de luz descendente (DSL), que registra a quantidade de luz ambiente e armazena essas informações nos metadados das imagens capturadas do dossel da lavoura durante o voo. Um painel de calibração da reflectância também acompanha esse sensor óptico, e garante a normalização das imagens capturadas, mesmo em condições diferentes de nebulosidade. As configurações de ganho e exposição são otimizadas automaticamente para cada captura e cada banda, para evitar desfoque ou superexposição, resultando em imagens com exposição adequada.

Figura 2: ARP Phantom 4 (A), sensor multispectral (B) e ponto de controle (C)



Aquisição e processamento de imagens

As imagens foram capturadas com 75% e 80% de sobreposição frontal e lateral, respectivamente. Utilizou-se aplicativo IOS Pix4DCapture para o planejamento de voo com altura de 60 m, GSD 4,12 cm px⁻¹ e velocidade de voo de 8,3 m s⁻¹. Os voos foram realizados conforme prevê a regulamentação para uso de drones no Brasil e ocorreram sempre em horários entre 10 h e 13 h, para evitar ao máximo a presença de sombras.

Em solo, foram colocados cinco alvos (Figura 2C), que funcionam como pontos de controles, e são fundamentais para fazer a relação entre o sistema de coordenadas de imagens com o sistema de coordenadas do terreno. As coordenadas dos alvos foram coletadas com uso de GNSS RTK, com a finalidade de reduzir o erro posicional para escala centimétrica, aumentando assim a acurácia aerofotogramétrica.

O processamento das imagens foi realizado no software Agisoft Metashape, mediante fluxo de rotina de alinhamento das fotos, geração de nuvens de pontos, modelo digital de elevação, calibração da reflectância e a geração do ortofotomosaico, composto por cinco bandas espectrais: BLUE (475 nm); GREEN (560 nm); RED (668 nm); RED-EDGE (717 nm); e NIR (840 nm).

Mapa de índice de vegetação

Os ortofotomosaicos gerados na etapa de processamento de imagens foram inseridos no software QGIS v.3.28, para obtenção dos rasters falso-RGB e do NDVI, seguido da extração de dados nesta camada raster, conforme descrito em Micasense (2017). Utilizou-se a ferramenta “Calculadora raster” para obtenção do mapa do NDVI, utilizando-se a Equação 1, descrita por Rouse et al. (1973).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Os rasters falso-RGB e NDVI foram sobrepostos e usados para a classificação de imagem baseada em limiares, para distinguir o dossel da videira e o solo, conforme metodologia descrita por Parker et al. (2020). Nas fases fenológicas E-L09, E-L23 e E-L32, verificou-se que os valores de NDVI do dossel da videira foram superiores a 0.50, enquanto na fase E-L35, esse valor foi igual a 0.80, sendo, portanto, esses valores definidos como limiares entre o solo e a videira, nas respectivas fases fenológicas.

Através de uma avaliação geral da área, utilizando-se a ferramenta “Identificar feições” (ctrl+shift+I), considerou-se todo pixel com valor NDVI menor que 0.50 como sendo o solo e ervas daninhas, enquanto os valores NDVI acima desse limiar

correspondiam ao dossel da videira. Dessa forma, criou-se uma máscara chamada “Threshold_050”, para remoção do solo e ervas daninhas através da calculadora raster, utilizando-se a expressão “NDVI \geq 0.50”. Em seguida, uma nova camada foi criada, definindo na calculadora raster a expressão: “NDVI/Threshold_050”, resultando numa camada raster com o solo e ervas daninhas recortados, e demonstrando apenas os pixels que representam o dossel da videira.

Cada parcela experimental correspondeu a 16 pontos amostrais, distribuídos de forma equidistante na área de estudo, e foi composta por cinco plantas vizinhas.

Para extração dos dados no mapa de NDVI em cada parcela experimental, uma camada vetorial (shapefile) de formato retangular, com dimensões de 3 x 2 m, foi plotada em cada uma das cinco plantas, extraindo-se os valores médios das variáveis a serem analisadas, com auxílio da ferramenta “Estatística zonal”.

Amostragens e medições de campo

As imagens para obtenção dos índices vegetativos foram capturadas de acordo com estágios fenológicos da cultura, baseando-se na de escala de Eichhorn e Lorenz (E-L) proposta por Coombe (1995), totalizando quatro monitoramentos. Foram avaliados os seguintes estádios fenológicos: E-L09 (2 ou 3 folhas separadas); E-L23 (plena floração, 50% das flores abertas); E-L32 (início da compactação do cacho); E-L35 (*veraison*, início da maturação, bagas começam colorir e amolecer) (Figura 3).

Figura 3: Fases fenológicas da uva em que foram capturadas as imagens para obtenção dos índices vegetativos



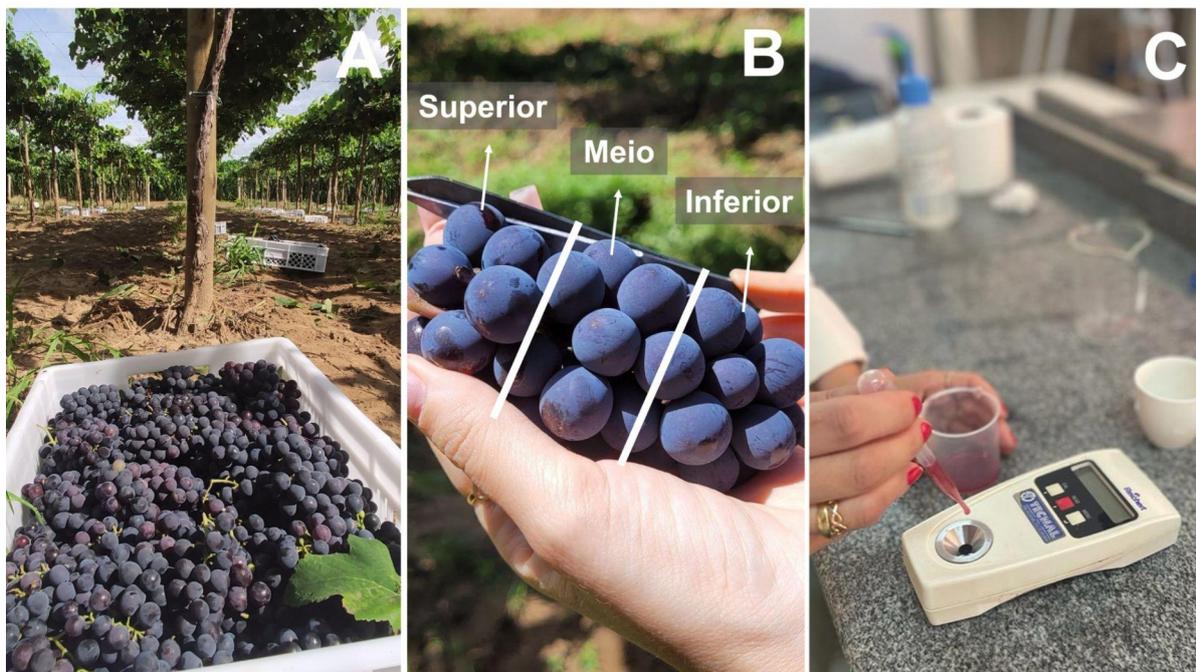
Fonte: Autores, 2023

Durante a fase de floração plena (E-L23) (Figura 3B) foram coletadas folhas completas (limbo e pecíolo), de forma aleatória, nos ramos das cinco plantas da parcela experimental. Para isso, seguiu-se a recomendação de Brunetto et al. (2020), que aponta como folha diagnóstica aquela em posição oposta ao 1º cacho no ramo.

Posteriormente, as amostras de tecido foliar foram secas em estufa com circulação de ar, a 65°C, trituradas em moinho de facas tipo Wiley, com peneira de 2 mm, e levadas para digestão sulfúrica em laboratório. A determinação de N, P e K seguiu o protocolo descrito em Silva (2009), sendo o N quantificado pelo método de Kjeldahl, o P pelo amarelo de vanadato em espectrofotômetro e o K em fotômetro de chamas.

Para determinação do teor de sólidos solúveis totais (TSS=°Brix) foram coletados, aleatoriamente, cinco cachos de uva em cada parcela experimental. Cada um desses cachos foi dividido em três regiões (superior, meio e inferior) e em cada uma delas, foram retiradas três bagas do fruto, as quais foram esmagadas, homogeneizadas e peneiradas antes de proceder a leitura do TSS (Figura 4). Para cada conjunto de amostras, foram realizadas leituras em triplicata, utilizando-se um refratômetro portátil digital (Reichert AR200), com compensação de temperatura e precisão de 0,1% °Brix.

Figura 4: Colheita da uva (A), regiões do cacho (B) e determinação do teor de sólidos solúveis (TSS=°Brix)



Fonte: Autores, 2023

A quantificação da produtividade (Kg planta^{-1}) foi obtida durante a colheita, através da média do peso de todos os cachos das cinco plantas de cada parcela experimental.

Análise Estatística

Os valores coletados das variáveis estudadas foram exportados para planilha eletrônica e posteriormente analisados no programa estatístico Jamovi v.2.2.5 (JAMOVI, 2022). Para avaliação da variabilidade espacial e temporal do NDVI, utilizou-se a estatística descritiva, determinando-se os parâmetros: mínimo, máximo, média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação (CV%) e teste de Shapiro-Wilk.

Para a análise indutiva/inferencial dos dados coletados, verificou-se a relação entre as variáveis, utilizando-se a análise de correlação de Pearson e análise de regressão linear, para validação do NDVI como variável preditora das variáveis dependentes (Y): produtividade; teor de sólidos solúveis; e teor foliar de nutrientes.

Resultados e Discussão

Os dados analisados nesse estudo obedecem aos parâmetros normais de distribuição ($p > 0,05$), conforme pode ser observado no teste de normalidade (Shapiro-Wilk) (Tabela 1).

Tabela 1: Estatística descritiva do NDVI nas diferentes fases fenológicas, teores foliares de nitrogênio (%N), de fósforo (%P) e de potássio (%K), teor de sólidos solúveis (TSS= $^{\circ}$ Brix) e produtividade (Kg planta⁻¹) da uva Isabel precoce

VARIÁVEL	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV	Shapiro-Wilk	
							W	p
NDVI_EL-09	0,57	0,63	0,60	0,60	0,021	3,51	0,95	0,49
NDVI_EL-23	0,70	0,79	0,74	0,74	0,027	3,64	0,94	0,41
NDVI_EL-32	0,78	0,84	0,80	0,80	0,020	2,49	0,93	0,21
NDVI_EL-35	0,88	0,91	0,89	0,89	0,009	1,01	0,97	0,88
%N	2,10	2,72	2,42	2,46	0,194	8,01	0,95	0,45
%P	0,24	0,35	0,27	0,28	0,035	12,23	0,94	0,33
%K	1,01	1,38	1,22	1,24	0,128	10,52	0,92	0,15
TSS	14,80	18,40	16,99	17,20	1,074	6,32	0,93	0,26
PROD	5,06	8,89	7,33	7,51	1,049	14,31	0,96	0,72

DP=desvio padrão. CV=coeficiente de variação (%). W= teste de Shapiro-Wilk. p= significância. Fonte: Autores, 2023

De modo geral, os valores médios de NDVI foram crescentes com o avançar das fases fenológicas (Tabela 1), sendo 0,57 e 0,91 o menor e maior valor observado, respectivamente. Na fase E-L09, foram observados os menores valores de NDVI, enquanto os maiores foram observados na fase E-L35. Esse

comportamento é explicado pela pouca presença de folhas na fase E-L09, em razão da poda necessária no início de cada ciclo de produção da videira. Com o desenvolvimento da parte aérea da videira, a interação das folhas com a radiação eletromagnética resultou em maior reflectância na banda do infravermelho, repercutindo em maior valor de NDVI.

De acordo com Gomes et al. (2021), espera-se que o comportamento do NDVI seja crescente da fase de brotação até o início da maturação/enchimento dos frutos e, a partir daí, constante até a fase próxima à colheita.

O CV permite a comparação de resultados de diferentes experimentos, envolvendo uma mesma variável ou espécie, permitindo, assim, quantificar a precisão das pesquisas (STEEL et al., 1997). Tendo Pimentel & Garcia (2002) como referência, o CV para maioria das variáveis foi classificado como baixo, exceto para %P, %K e produtividade (PROD), cujos CVs foram classificados como médios.

A melhor maneira para a classificação do CV é sua comparação experimental com variáveis iguais. Dessa forma, esses resultados corroboram com Gomes et al. (2021), que avaliando o NDVI obtido por imagens do VANT AggieAir Minion e do Landsat 8, relataram valores de NDVI variando de 0,58 a 0,88 e CV variando de 4,4% a 6,6%, em diferentes fases fenológicas da videira Pinot Noir. Valores semelhantes também foram observados por Oldoni (2019), que obteve valores de CV variando entre 8,5% e 14,5%, em vinhedos localizados no estado de São Paulo.

Em estudo de avaliação Nutricional da Videira no Submédio São Francisco, Faria et al. (2004) relataram valores de CV de 30,34%, 31,95% e 31,72% para os teores foliares de N, P, e K, respectivamente. Quanto ao status nutricional da videira, observou-se que a área de estudo apresentou uma variabilidade espacial entre 2,10 e 2,72% no teor de nitrogênio; entre 0,24 e 0,35% no teor de fósforo; e entre 1,01 e 1,38% no teor de potássio.

Faria et al. (2004) apontam a seguinte faixa de suficiência adequada para o teor de nutriente no limbo foliar da videira: nitrogênio (2,3 a 2,8%); fósforo (0,2 a 0,35%) e potássio (1,2 a 2,0%). Portanto, os teores observados de N e K estão dentro da faixa de suficiência adequada para suprir as demandas da videira, com valores ligeiramente abaixo para N e K.

Embora o produtor tenha realizado o suprimento dos nutrientes semanalmente, via fertirrigação, a textura franco-arenosa do solo e possíveis excessos na lâmina de irrigação podem ser a causa responsável pela pequena deficiência de N e K, haja vista que esses nutrientes possuem alta solubilidade e mobilidade no solo e que podem ter sido lixiviados.

O teor de sólidos solúveis totais apresentou variabilidade espacial entre 14,80 e 18,40 °Brix no momento da colheita, sendo o valor médio igual a 16,99 °Brix e o CV=6,32%. Esses valores corroboram com os encontrados por Simonetti et al. (2017), que relatam TSS variando entre 17,1 e 17,6 °Brix e CV para essa variável igual a 5,6%. Soares e Leão (2009) relatam TSS variando entre 16,5 e 17,2 °Brix em uvas da cultivar 'Isabel precoce', conduzida em espaldeira, na região do submédio São Francisco. Bender et al. (2020) relataram TSS igual a 15,8 °Brix e produtividade

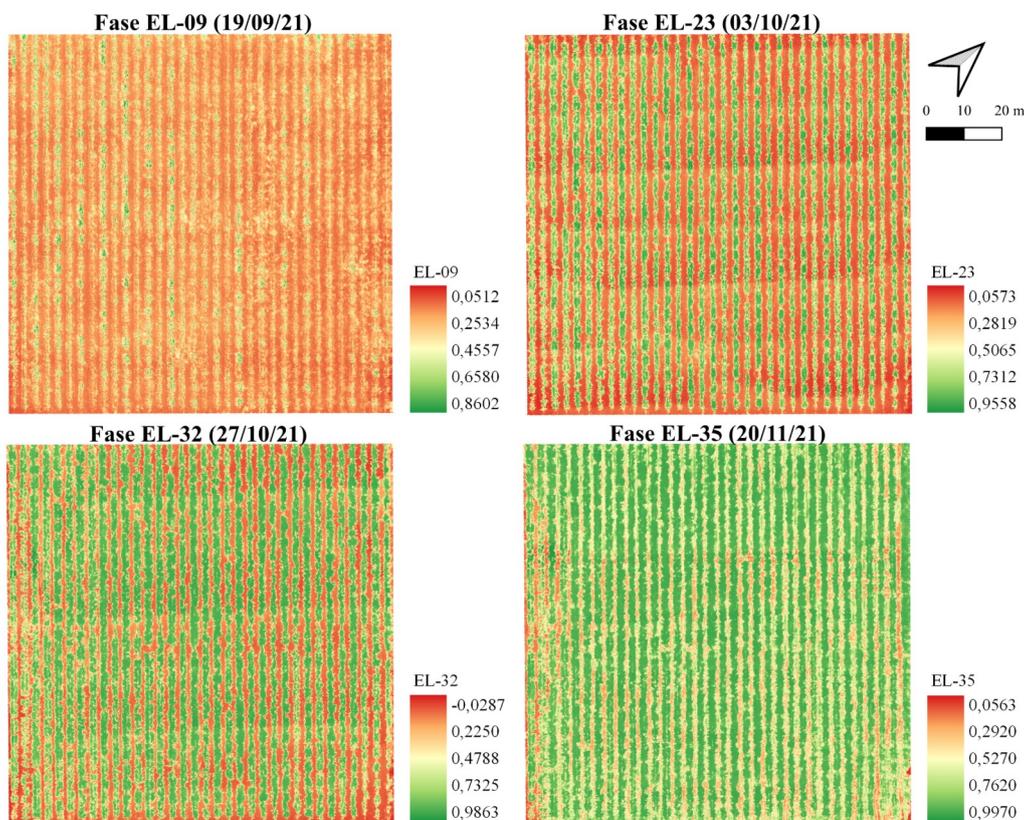
igual a 11,50 Kg planta⁻¹, em vinhedo da cultivar Isabel, na Região do Vale do Rio do Peixe, produzidas na safra 2017.

A variabilidade espacial da produtividade no talhão estudado oscilou entre 5,06 e 8,89 Kg planta⁻¹, evidenciando um CV de 14,31%, considerado como alto por Pimentel & Garcia (2002), entretanto abaixo do encontrado por Fochesato (2007), que relatou CV igual a 29%, para videira cultivada em Eldorado do Sul - RS.

Autores como Tecchio et al. (2020) e Simonetti et al. (2017), relataram produtividade entre 8,25 e 11,3 Kg planta⁻¹, com a cultivar Isabel precoce, resultados esses próximos aos encontrados neste estudo. Entretanto, produtividade média igual a 18,72 Kg planta⁻¹ (31,2 t ha⁻¹) foram relatados por Soares e Leão (2009), com a cultivar 'Isabel precoce', conduzida em espaldeira na região do submédio São Francisco, o que demonstra o amplo potencial produtivo dessa cultivar.

O mapa de falsa cor apresentado na Figura 5 facilita a visualização da variabilidade do NDVI na área e sua série temporal em função da fase vegetativa da uva Isabel na área do experimento. O vermelho no mapa indica o menor valor de NDVI, enquanto o verde indica os maiores valores. Percebe-se que na fase E-L9, o vermelho é a cor predominante, em razão da pouca quantidade de folhas, enquanto na fase E-L35, a cor verde passa a predominar, em razão do desenvolvimento da parte aérea influenciando o valor do NDVI.

Figura 5: Mapa do NDVI em diferentes fases fenológicas da uva Isabel precoce



Fonte: Autores, 2023

De acordo com Risso et al. (2012), em condição de elevado índice de área foliar, o NDVI se satura, tornando-se um índice pouco sensível à detecção de variações da biomassa verde. Padrão semelhante, com variação crescente do valor de NDVI da fase de floração até a fase de tingimento do cacho (*veraison*), em videiras Sangiovese, foi observado por Caruso et al. (2017). Em estudo de sensoriamento remoto de superfície, com uso do Greenseeker para caracterização do ciclo de videiras Chardonnay e Cabernet Sauvignon, no Rio Grande do Sul, Junges et al. (2017) observaram variabilidade temporal de 0,33 a 0,85 no NDVI ao longo do ciclo.

Candiago et al. (2015), avaliando imagens multiespectrais e índices vegetativos obtidos a partir de drones para aplicações de agricultura de precisão, relataram valores de NDVI variando de 0,4 a 0,9 e CV variando de 12,85% a 20,63%, em diferentes pontos de amostragem, em lavoura de uva Cabernet orgânica.

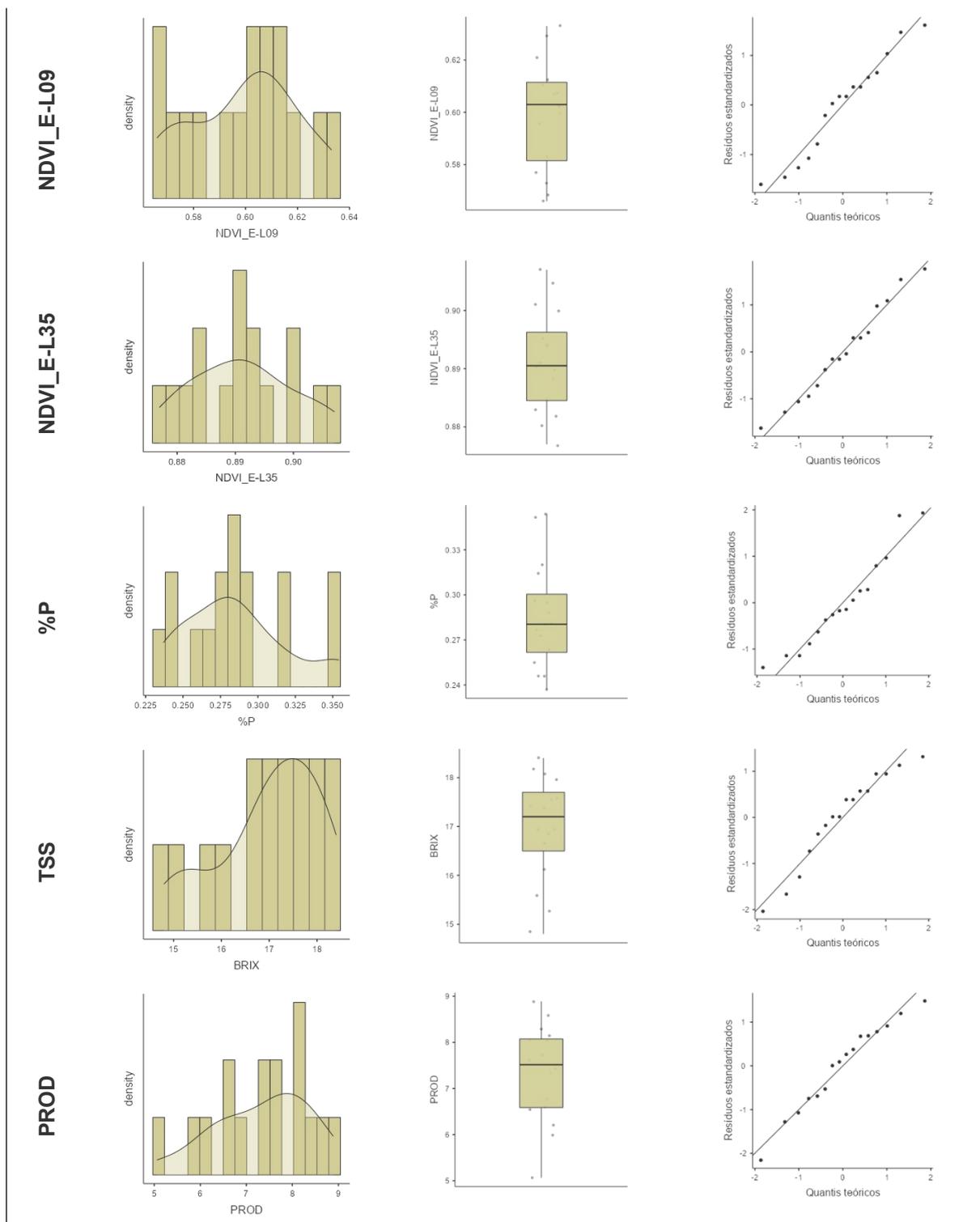
Padrão semelhante, com variação crescente do valor de NDVI da fase de floração até a fase de tingimento do cacho (*veraison*), em videiras Sangiovese, foi observado por Caruso et al. (2017), ao avaliarem a estimativa de parâmetros biofísicos e geométricos da copa da videira com uso de ARP e câmeras VIS-NIR.

A fase EL-09 é caracterizada por apresentar poucas folhas e elevada exposição do solo, refletindo, portanto, em menor valor de NDVI e coeficiente de variação. Zanzarini et al. (2013) encontraram CV igual a 13,09%, avaliando a correlação espacial do NDVI de imagem Landsat/ETM+, em cana-de-açúcar com menor porte vegetativo e mais dessecada. De forma semelhante, Souza et al. (2020) também detectaram maior variabilidade nas amostragens de NDVI em fase inicial de desenvolvimento do amendoim, por apresentar poucas folhas e muito solo exposto, e menor variabilidade a partir dos 75 dias após a semeadura, quando todo solo já estava coberto pela biomassa dessa cultura.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é fortemente influenciado pela média da distribuição (FIGUEIREDO FILHO & SILVA JUNIOR, 2009). Por essa razão, é necessário que as variáveis observadas no estudo obedeçam a parâmetros normais de distribuição ($p > 0,05$). A análise gráfica dos histogramas e Q-Q plots da Figura 6 auxilia a observar em que medida a distribuição dos dados se aproxima da curva normal. Por outro lado, o Box plot permite a visualização de outliers que por sua vez, quando presente, tende a distorcer o valor da média e, por consequência, o valor do coeficiente de correlação.

Figura 6: Histograma, Box plot e Q-Q Plot das variáveis correlacionadas

Histograma	Box Plot	Q-Q plot
------------	----------	----------



Uma matriz de correlações de Pearson foi experimentada, para relacionar as variáveis entre si. No entanto, foram mantidas nessa matriz apenas as variáveis de interesse e que apresentaram significância (Tabela 2). De acordo com Dancey e Reidy (2006), os coeficientes de correlação das relações significativas são classificados como moderados. Dessa forma, o NDVI obtido na fase vegetativa E-L09 apresenta correlação moderada negativa ($r=-0,649^{**}$) com o teor foliar de fósforo (%P), indicando que quanto maior for o valor do NDVI menor será o teor foliar de

fósforo. Essa correlação negativa pode ser explicada pelo fato de que o sintoma de deficiência de P resulta em coloração verde mais escuras nas folhas velhas e coloração arroxeada ao longo da nervura, devido ao acúmulo de antocianina (Raj, 2017).

O índice NDVI obtido na fase vegetativa E-L09 apresenta correlação moderada positiva ($r=0,643^{**}$) com o teor de sólidos solúveis, indicando que quanto maior for o valor do NDVI, maior será a concentração de TSS.

Tabela 2: Matriz de correlações de Pearson entre as variáveis de interesse

	NDVI E-L09	NDVI E-L35	%P	TSS	PROD
NDVI E-L09	-				
NDVI E-L35	-0,071	-			
%P	-0,649**	0,086	-		
TSS	0,643**	-0,119	-0,083	-	
PROD	0,013	0,546*	-0,122	-0,121	-

Nota. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. Fonte: Autores, 2023

O NDVI obtido na fase vegetativa E-L35 apresenta correlação moderada positiva com a produtividade, indicando a possibilidade de prever a produtividade da uva na lavoura. Esses resultados corroboram Kazmierski et al. (2011), que em condições mediterrâneas, obtiveram correlação do NDVI com a produtividade de 15 a 20 dias antes de estágio fenológico EL35 (*verasion*). Por outro lado, Bonila et al (2015) concluíram que NDVI foi um bom preditor para algumas variáveis relacionadas ao dossel das videiras, como número de folhas e a área foliar.

Conclusões

O NDVI acompanha a evolução das fases fenológicas da uva Isabel de forma crescente, sendo o maior valor médio observado na fase E-L35.

O NDVI, obtido por drones, é uma forma rápida e não destrutiva de monitoramento e caracterização do dossel vegetativo da cultura, reunindo em uma única informação, o desenvolvimento da videira ao longo de seus estádios fenológicos.

É possível a utilização do NDVI para previsão de produtividade da uva Isabel precoce.

Esse estudo passa a compor um banco de dados importante para novas pesquisas na região estudada.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, em convênio com a Fundação de Amparo à

Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano pelo apoio para realização do projeto.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, K. M. N. Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea da Várzea na Amazônia Central. Dissertação (Doutorado em Ciências florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

BENDER, A. B.; SOUZA, A. L. K.; CALIARI, V.; MALGARIM, M. B.; COSTA, V. B.; GOULART, C. Caracterização físico-química e sensorial de sucos da uva Isabel em cortes com diferentes variedades produzidas na região do Vale do Rio do Peixe-SC Brazilian Journal off Food Technology, Campinas, v. 23, e2019187, 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.18719>

BERGER, R.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; CANDEIAS, A. L. B.; RUBILAR, R. Índices de vegetação para a estimativa do índice de área foliar em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.29, n.2, p.885-899, abr./jun. 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509816942>.

BOMBÍN, J. Y. Viticultura de precisión: Introducción y objetivos. *Viticultura de precisión*. VIII Encuentro Técnico, Madrid, 2013. p.17-25. 2013.

BONILLA, I.; TODA, F. M.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airborne remote sensing over three years: Analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. *Spanish Journal of Agricultural Research*, June, volume 13, issue 2, e0903, 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Requisitos Gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. RBAC-E nº 94. Emenda nº 03. Brasília, 2023.

BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V.; SOUZA KULMANN, M. S.; TASSINARI, A.; MELO, G. W. B.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K.; BEM, B. P. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape, in: *Fruit Crops*. Elsevier, pp. 693–710, 2020.

CANDIAGO, S.; REMONDINO, F.; GIGLIO, M.; DUBBINI, M.; GATTELLI, M. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sensing*, 2015, 7, 4026-4047; doi:10.3390/rs70404026.

CARUSO, G.; TOZZINI, L.; RALLO, G.; PRIMICERIO, J.; MORIONDO, M.; PALAI, G.; GUCCI, R. Estimating biophysical and geometrical parameters of grapevine canopies ('Sangiovese') by an unmanned aerial vehicle (UAV) and VIS-NIR cameras. *Vitis Journal Grapevine Research*, v.56, n.2, p.63-70, 2017. <https://doi.org/10.5073/vitis.2017.56.63-70>

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, 2005. Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da Codevasf – 2ª Superintendência Regional. Brasília: CODEVASF, 2005. 222p.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, 2023. Projeto Público de Irrigação Ceraíma. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/em-producao/ceraima/ceraima>> Acesso em julho de 2023.

COOMBE, B. G. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Hoboken, v.1, p.100-110, 1995.

DANCEY, Christine & REIDY, John. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed, 2006.

DEPPE, F. et al. Monitoramento da evolução temporal de cultivos agrícolas através de imagens TERRA/MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p.145- 152.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Observatório da Uva. Disponível em <<https://observatoriosdemercado.github.io/uva/#vale-do-s-francisco>> Acesso em julho de 2022.

FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; PEREIRA, J. R. Avaliação nutricional da videira no Submédio São Francisco. Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 61, 20p. 2004.

FERRI, V.C; SAINZ, R.L; BANDEIRA, P.S. Aceitação de blends de uvas 'Bordô' e 'Isabel' em sucos. *Brazilian Journal of Food Research*, v.8, n.3, p.88-101, 2017.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, Vol. 18, n. 1, P,115-146, 2009

FOCHESATO, M. L.; SOUZA, P. V. D.; AGOSTINI, S. Obtenção de duas safras de uva por ciclo vegetativo pelo manejo da poda. *Agropec. Catarin.*, v.20, n.1, mar. 2007

GALVANIN, E.A.S. et al. Avaliação dos índices vegetativos NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 707-715, jul.-set., 2014.

GOMES, M. D. A.; ROMAN, R. M. S.; TORRES-RUA, A.; ALVES, E. S.; MCKEE, MAC. Comparação do ndvi obtido por meio de drone e satélite nas fases fenológicas da videira. *Irriga*, Botucatu, v. 26, n. 3, p. 605-619, julho-setembro, 2021. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v26n3p605-619>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de uva. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/br>> Acesso em julho de 2022.

JAMOVI. The jamovi project (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>

JUNGES, A. H.; FONTANA, D.C.; ANZANELLO, R; BREMM, C. Normalized difference vegetation index obtained by ground-based remote sensing to characterize vine cycle in Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(5):543-553, 2017

KAZMIERSKI M., GLEMAS P., ROUSSEAU J.; TISSEYRE B., 2011. Temporal stability of within-field patterns of NDVI in non irrigated Mediterranean vineyards. *Oeno One* 45(2), 61–73.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Handbuch der Klimatologie*. Gebrüder Bornträger, p.1-44, 1936.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. B. E. *Viticultura brasileira: panorama 2020*. Bento Gonçalves, RS, Embrapa Uva e Vinho, 2021. 18p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico 223).

MICASENSE (2017) Micasense knowledge base. <https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/226531127-Creating-agricultural-indices-NDVI-NDRE-from-an-Atlas-GeoTIFF-in-QGIS> Acesso em 17 Jan 2022.

OLDONI, H. Zonas homogêneas de atributos de planta e do solo em vinhedo irrigado. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

OZDEMIR, G.; SESSIZ, A.; PEKITKAN, F.G. Precision viticulture tools to production of high quality grapes. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*. 2017, 61, 209–218 Online ISSN 2286-1580, ISSN-L 2285-5653

PÁDUA, L.; MARQUES, P.; HRUŠKA, J.; ADÃO, T.; PERES, E.; MORAIS, R.; SOUSA, J.J. Multi-Temporal Vineyard Monitoring through UAV-Based RGB Imagery. *Remote Sens.* 2018, 10, 1907. <https://doi.org/10.3390/rs10121907>

PARDO, J. A. Seguimiento Fenológico del Cultivo de Uva Isabela (*Vitis* sp) en Fusagasuga Cundinamarca, 2016. Universidad de Cundinamarca.

PARKER, T. A.; PALKOVIC, A.; GEPTS, P. Determining the Genetic Control of Common Bean Early-Growth Rate Using Unmanned Aerial Vehicles. *Remote Sensing* 2020, 12, 1748. <https://doi.org/10.3390/rs12111748>

PIMENTEL, F. G.; GARCIA, G. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2002. 307p.

RAIJ, B. Van; Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. 2. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017. 420 p.

RISSE, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y.E.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, R.D.V. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.9, p.1317-1326, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900017>

ROUSE, J. W; HAAS, R. H; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Greenbelt: NASA SP-351, 301-317.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 627p. 2009.

SIMONETTI, L. M.; SOUSA, M. C.; OLIVEIRA, P. M. A.; PIMENTEL JÚNIOR, A.; NUNES, J. G. S.; TECCHIO, M. A. Produção da videira “isabel” em função de diferentes sistemas de condução. 6a. Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu. 2017 JORNACITEC, ISSN 2318-535X 2017

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. (Ed.). A vitivinicultura no Semiárido brasileiro. Brasília; Petrolina: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semiárido, 2009. 756 p.

SOUZA, J. B. C.; ALMEIDA, S. L. H.; BRITO FILHO, A. L.; CARNEIRO, F. M.; SANTOS, A. F.; SILVA, R. P. Avaliação da qualidade dos índices de vegetação (NDRE e NDVI) para a cultura do amendoim, utilizando cartas de controle. *South American Sciences*, 1(1):e2095, 2020. <http://dx.doi.org/10.17648/sas.v1i1>

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. NewYork: McGraw-Hill, 1997. 666p.

TECCHIO, M. A.; SILVA, M. J. C.; CALLILIA, D.; HERNANDES, J. L.; MOURA, M. F. Yield of white and red grapes, in terms of quality, from hybrids and *Vitis labrusca* grafted on different rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 259, 108846, 2020

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.6, p.608–614, 2013.