
Índice NDVI em lavoura de batata-doce obtido por mapeamento com drone

NDVI index in sweet potato crop obtained by mapping with drone

Ernando Donato de Souza^{1*}, Leandro Gonçalves dos Santos¹, Gisella Martha Silva Simões dos Santos¹, Jobson Fernandes da Cruz¹, José Augusto Monteiro de Castro Lima², Ubiratan Oliveira Souza³,

RESUMO

O uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) vem ganhando cada vez mais espaço em missões com finalidades civis pacíficas, dentre elas o sensoriamento agrícola e ambiental. Este trabalho foi realizado no Perímetro Irrigado de Ceraíma, município de Guanambi, que faz parte do Território de Identidade Sertão Produtivo, localizado na região da Serra Geral da Bahia. O experimento constou da avaliação dos índices vegetativos NDVI de uma lavoura de batata-doce a cada 30 dias perfazendo um total de cinco avaliações. As imagens foram capturadas por uma câmera multiespectral, processadas no software Agisoft Metashape para obtenção do ortofotomosaico e em seguida no software QGIS para obtenção do índice NDVI. A avaliação do índice vegetativo até 150 dias após o plantio demonstrou apresentar variações e gerou informações importantes para compor um banco de dados sobre a cultura, o que é escasso na literatura para esse tipo de tecnologia de monitoramento utilizado. Os dados demonstraram que o menor (0,47) e maior (0,94) índice NDVI foi obtido aos 30 e 60 dias após o plantio, respectivamente, e que não houve correlação significativa entre o NDVI e a massa seca e verde da parte aérea.

Palavras-chave: DJI Phantom 4; Monitoramento agrícola; Agricultura de precisão.

ABSTRACT

The use of remotely piloted aircraft (RPA) has been winning more space in missions with peaceful civilian purposes, including agricultural and environmental sensing. This work was carried out in the Irrigated Perimeter of Ceraíma, located in the southwest region of the State of Bahia in the municipality of Guanambi. The experiment consisted of the evaluation of NDVI vegetative indices of a sweet potato crop every 30 days, making a total of five evaluations. The images were captured by a multispectral camera, processed in the Agisoft Metashape software to obtain the orthophotomosaic and in the QGIS software to obtain the NDVI index. The evaluation of the vegetative index up to 150 days after planting showed variations and generated important information to make up a database on the crop, which is scarce in the literature for this type of monitoring technology used. The data showed that the lowest (0.47) and highest (0.94) NDVI index was obtained at 30 and 60 days after planting, respectively, and that there was no significant correlation between ndvi and dry and green mass of shoots.

Keywords: DJI Phantom 4; Agricultural monitoring; Precision agriculture.

¹ Instituto Federal Baiano – *Campus* Guanambi. *E-mail: nando10046@hotmail.com

² Instituto Federal Baiano – *Campus* Catu.

³ Instituto Federal Baiano – *Campus* Itaberaba

INTRODUÇÃO

O maior produtor mundial de batata-doce, é a China (FAO, 2021), já o Brasil no ano de 2017, foram produzidas 776,3 mil toneladas em 53,5 mil hectares. A batata-doce (*Ipomoea batatas*) tem sua origem na América Central e do Sul, sendo uma dicotiledônea que possui grande importância social e econômica, por ser uma planta rústica e com fácil adaptação climática (AGUIRRE et al., 2020).

Com o avanço da agricultura, diversas ferramentas foram inseridas a fim de se aumentar a produção mundial, dentre essas, pode-se destacar o sensoriamento remoto, embarcado dentro de um pacote oferecido pela agricultura de precisão, que se trata de um conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo de cultivos (MAPA, 2009).

A utilização do sensoriamento remoto, para obtenção de índices vegetativos, pode ser obtida tanto por imagens obtidas por satélites, por aviões tripulados ou por aeronaves remotamente pilotadas. Um dos índices utilizados frequentemente em avaliações agrícolas, é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que possui valores variando entre -1 e +1. O NDVI, sigla em inglês, cujo a tradução é Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, foi proposto por Rouse et al. (1973), baseia-se no contraste de refletância da vegetação entre a região do visível. Esse índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial e temporal (LISSNER, 2011).

Uma das técnicas utilizadas na agricultura de precisão, é a utilização de índices vegetativos para classificar a cobertura vegetal, relacionando a assinatura espectral e os padrões de campo de forma quantitativa e qualitativa (BARBOSA, 2006). O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) utiliza a bandas do infravermelho próximo e do vermelho, e com isso é possível avaliar a mudança no vigor vegetativo da cultura, além de poder relacioná-lo com parâmetros como, biomassa e produtividade (GALVANIN, et al 2014).

O NDVI é provavelmente o mais popular, sendo amplamente aplicado em sensoriamento remoto para fins ambientais e agrícolas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). Assim como outros índices vegetativos, o NDVI apresenta vantagens e desvantagens e sua interpretação deve levar em consideração vários fatores limitantes, tais como: pontos de saturação, interferência atmosférica, entre outros (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). Jackson e Huete (1991) relatam que os índices vegetativos

podem ser influenciados pelo teor de umidade, rugosidade, sombra ou por diferentes teores de matéria orgânica no solo.

Esse estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial e temporal do índice NDVI e sua correlação com a produção de biomassa da parte aérea em lavoura de batata-doce a partir de imagens multiespectrais capturadas com uso de drones.

MATERIAL E MÉTODOS

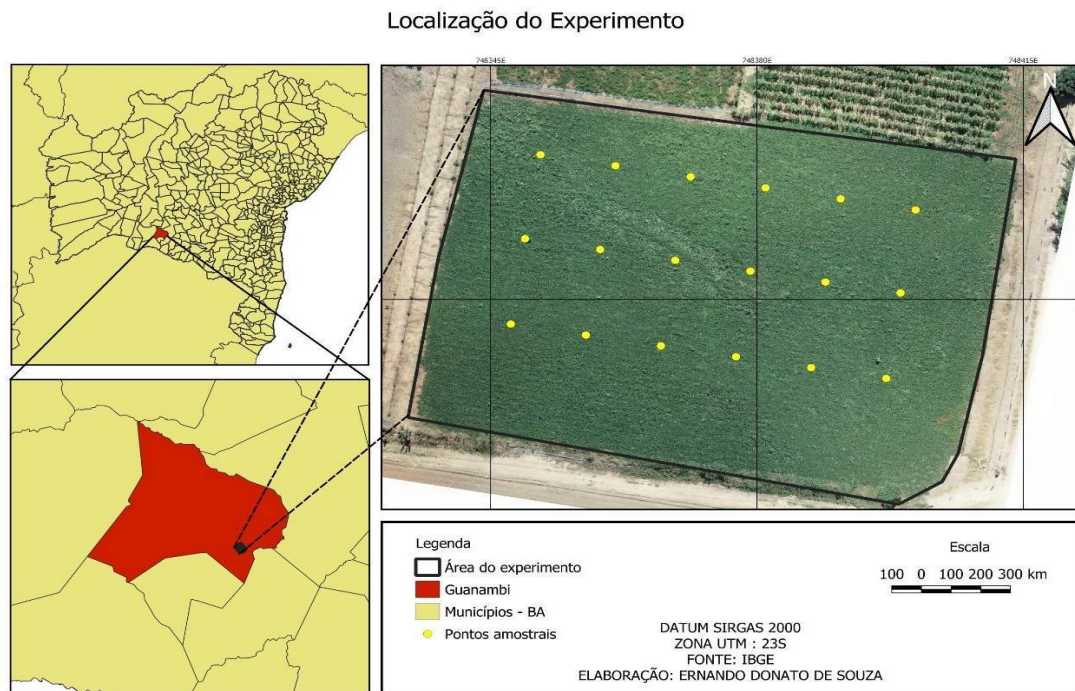
O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no Perímetro Irrigado de Ceraíma, município de Guanambi-BA, conforme pode ser observado na figura 1. O clima característico da região, de acordo com a classificação de Köppen (1936), é do tipo BSw_h, clima quente de caatinga; chuvas de verão e período seco bem definido de inverno. A temperatura média anual de 26° C; ausência de excedente hídrico e médias anuais de precipitação pluvial de 680 mm, irregularmente distribuídas, e de evapotranspiração anual de 1200 a 1400 mm (CODEVASF, 2005).

A área total do experimento foi de 3024 m², com a utilização da batata-doce da variedade de pele rosada. A implantação da cultura se deu através de ramas obtidas no local, possuindo espaçamento de 0,8 m entre leiras e 0,3 entre plantas. No momento do plantio procedeu-se a adubação fosfatada com aplicação de 30 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples. Aos 25 dias após o plantio foi realizado a capina para a retirada das plantas espontâneas e a amontoa no “pé da plana”.

As imagens para obtenção dos índices vegetativos foram capturadas em intervalos de 30 dias totalizando cinco monitoramentos (30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio - DAP) com a aeronave remotamente pilotada de asa rotativa Phantom 4 equipado com a câmera multispectral Micasense RedEdge-M, a qual possui sensor de luminosidade e um painel de refletância calibrado que permitem o registro da quantidade de luz do ambiente para cada uma das cinco bandas da câmera durante o voo.

Para o planejamento de voo e execução do mapeamento foi utilizado o aplicativo IOS Pix4DCapture, configurado com 75%/80% de sobreposição frontal/lateral, altura de voo de 60m, GSD 4,12 cm/px e velocidade de voo de 8,3 m/s. Os voos foram realizados conforme prevê a regulamentação para uso de drones no Brasil e ocorreram sempre em horários entre 10h00 e 13h00 para evitar ao máximo a presença de sombras.

Figura 1 – Localização do experimento



Fonte: Autores, 2022

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).

O Software QGIS v.3.16 foi utilizado para análise e extração de dados do ortofotomosaico conforme descrito em Micasense (2017). Utilizou-se a ferramenta “Calculadora raster” para obtenção do índice vegetativo por diferença normalizada (NDVI) utilizando a equação: $(RED - NIR) / (RED + NIR)$ conforme descrita por Rouse et al. (1973).

Para obtenção dos valores NDVI de toda área deste estudo, utilizou-se a ferramenta “Estatística da camada raster”. Nessa área também foram plotados 18 pontos amostrais, onde criou-se um polígono de formato arredondado com raio de 2 m utilizando o menu de ferramenta: Vetor>Geoprocessamento>Buffer. Para obtenção do valor NDVI da área desse *buffer* utilizou-se a ferramenta de processamento SAGA “Add raster values to features” usando como interpolador o vizinho mais próximo (*Nearest Neighbor*).

Aos 150 dias após o plantio coletou-se amostras de biomassa da parte aérea da batata-doce para determinação da massa verde e seca. Para isso utilizou-se um quadro

com dimensões de 1x1m para delimitar a área onde essas amostras foram coletadas e pesadas logo em seguida para determinação da massa verde. Posteriormente essas amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar a 65°C até a obtenção de massa constante utilizadas para determinação da massa seca.

Os dados obtidos foram analisados com auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2008), para determinação dos seguintes parâmetros estatísticos: mínimo, máximo, média, coeficiente variação e correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos dados coletados para os índices NDVI na área de estudo, está disposta na tabela 1. Aos 30 dias após o plantio (DAP) foi observado o menor valor médio do índice NDVI (0,47) e isso está associado à pouca folhagem na fase inicial de desenvolvimento da batata-doce e consequentemente maior exposição do solo, fator que também é a razão para explicar o maior coeficiente de variação (CV) de 36,17%.

Tabela 1. Estatística descritiva do índice vegetativo NDVI da área de cultivo em cada período de avaliação

Parâmetro	30DAP	60DAP	90DAP	120DAP	150DAP
Mínimo	0,19	0,42	0,63	0,72	0,64
Média	0,47	0,94	0,94	0,93	0,93
Máximo	0,91	0,97	1,00	0,97	0,99
CV (%)	36,17	1,06	2,16	1,08	2,15

Fonte: Autores, 2022

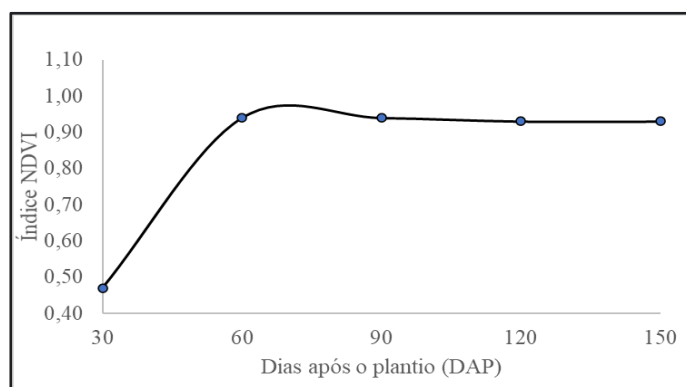
O índice NDVI variou entre 0,19 e 1,00 durante o período avaliado que foi de 30 a 150 DAP, corroborando com Tedesco et al. (2021), que caracterizando o desenvolvimento fenológico para prever o rendimento de batata-doce em diferentes estações de cultivo por meio de imagens do satélite Sentinel-2, relataram valores de NDVI variando de 0,20 a 0,85. Esses valores de NDVI observados pelo referido autor para a cultura da batata-doce, até então eram escassos e a partir de agora, junto com esse estudo se tornam referência para trabalhos futuros.

O CV permite a comparação de resultados de diferentes experimentos, envolvendo uma mesma variável ou espécie, permitindo, assim, quantificar a precisão das pesquisas. Tendo Pimentel & Garcia (2002) como referência, o CV foi classificado como alto aos 30 DAP (36,17%), e baixo entre 60 e 150 DAP. Essa redução expressiva no

coeficiente de variação do índice NDVI, a partir dos 60 DAP é explicada pelo desenvolvimento das ramas da batata-doce e o consequente recobrimento do solo.

Na Figura 2 pode ser observado o perfil temporal do índice vegetativo NDVI, que neste estudo com a cultura da batata-doce foi crescente nos primeiros 90 DAP com tendência de estabilização a partir desse período, assim como também foi observado por Tedesco et al. (2021). O NDVI é apontado como um índice mais sensível para condições de baixa biomassa, tais como biomas áridos ou semiáridos (FAN et al., 2009; JENSEN, 2011), e plantios com menores valores de índice de área foliar. Além disso, pode sofrer a influência de pontos de saturação nas condições de biomassa abundante, (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010; JENSEN, 2011).

Figura 2 – Perfil temporal do índice NDVI médio na cultura da batata-doce

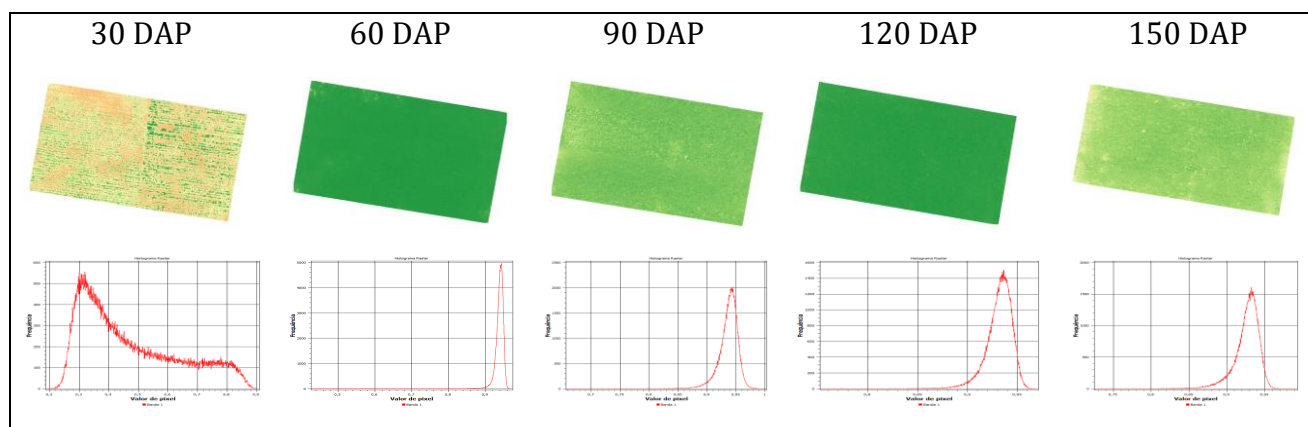


Fonte: Autores, 2022

Na figura 3 é possível observar nos minimapas, que aos 30 DAP existe a presença de manchas vermelhas que correspondem ao solo e é representado pelos valores baixos de NDVI, sendo a média de 0,47. Menores índices NDVI também foram relatados por Tedesco et al. (2021) no período inicial de desenvolvimento da batata-doce. O valor médio para NDVI apresenta uma tendência de elevação entre 30 e 90 DAP e de redução entre 90 e 150 DAP, sendo o maior pico observado aos 60 e 90 dias conforme já foi apresentado na tabela 1.

Sankaran et al. (2017) utilizando drones para obtenção de índice NDVI, obtiveram coeficientes de correlação significativos e elevados para realizar contagem de plantas de batata-doce nas fases iniciais de crescimento (32 DAP).

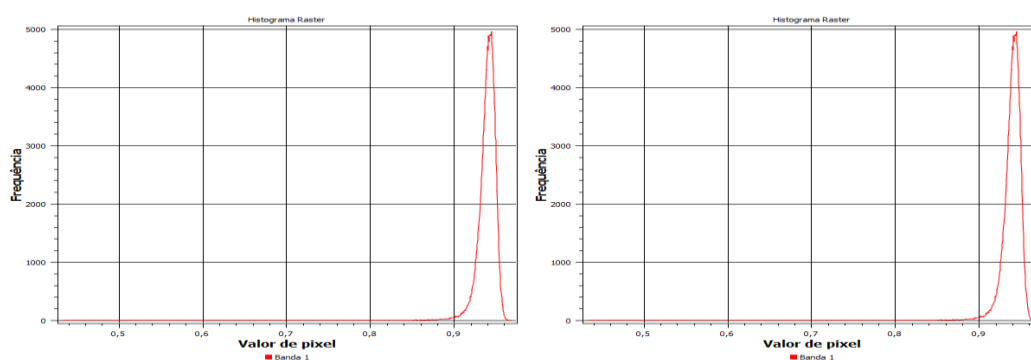
Figura 3 – Mapa NDVI e histograma de frequência dos 30 aos 150 dias após plantio (DAP)



Fonte: Autores, 2022

Embora a maior média de índice NDVI (0,94) tenha sido observada tanto em 60 quanto em 90 dias após o plantio (DAP), percebe-se através do histograma da figura 4, que aos 60 DAP existe um pico de frequência aproximado de 5000 ocorrências enquanto aos 90 DAP são observados um pico aproximado de 2000 ocorrências para o mesmo valor de NDVI.

Figura 4 – Histograma de NDVI frequência de ocorrências aos 60 (esquerda) e 90 (direita) dias pós plantio



Fonte: Autores, 2022

O desenvolvimento da batata-doce é caracterizado por apresentar três fases fisiológicas: na primeira, predomina o desenvolvimento da parte aérea, com formação das raízes absorventes e aptas à tuberização; na segunda, ocorrem os crescimentos radical (tuberização) e vegetativo; e, na terceira, prevalece a tuberização (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008). O comparativo dos histogramas da figura 4 sugere que o maior número de ocorrências de índice NDVI= 0,94 aos 60 DAP pode estar associado ao pico do da primeira fase fisiológica que corresponde ao desenvolvimento das ramas da batata-doce.

A análise descritiva dos dados relacionados ao índice NDVI e massa verde e seca da biomassa coletados nos pontos amostrais aos 150 DAP estão apresentados na tabela 2. Observa-se que nesses pontos de amostragem o índice NDVI variou entre 0,91 e 0,94, apresentando valor médio de 0,93, e a massa seca e verde da parte aérea apresentaram valor médio de 0,97 e 7,44 kg/m². O coeficiente de variação do índice NDVI (0,97%) foi classificado como baixo, enquanto para massa seca e verde da parte aérea, o CV de 13,85 e 13,16%, respectivamente, foram classificados como médio nos pontos de amostragem aos 150 DAP (PIMENTEL; GARCIA, 2002).

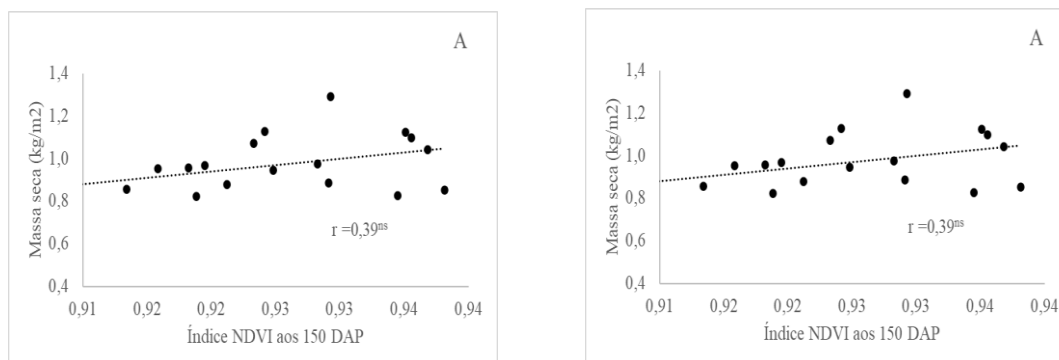
Tabela 2. Estatística descritiva do índice vegetativo NDVI, massa seca e verde da biomassa de batata-doce nos pontos de amostragem aos 150 dias após plantio

Parâmetro	NDVI	MS (kg/m ²)	MV (kg/m ²)
Mínimo	0,91	0,78	5,93
Média	0,93	0,97	7,44
Máximo	0,94	1,29	9,92
CV (%)	0,97	13,85	13,16

Fonte: Autores, 2022

A correlação entre o índice NDVI e a massa seca e verde da parte aérea da batata-doce aos 150 DAP não apresentaram significância conforme pode ser observado na figura 5. Silva et al. (2020) obtiveram coeficientes de correlação significativos e elevados entre a biomassa da parte aérea e índices vegetativos obtidos por imagens RGB para cultura da batata-doce. Entretanto vale ressaltar que os índices vegetativos obtidos por câmeras RGB podem apresentar ruídos elevados por conta da variação da luminosidade, por estas não disporem de sensores que fazem o registro da intensidade luminosa no momento da captação, para posterior compensação durante o processamento, como é o caso da câmera multiespectral utilizada nesse estudo.

Figura 5 – Correlação entre índice NDVI e massa seca (A) e verde (B) da biomassa de batata-doce aos 150 dias após plantio



Resultados positivos como os demonstrados por Viana et al. (2018) e Cucho-Padin et al. (2019), consolidam cada vez mais a utilização de drones como ferramentas versáteis e de baixo custo capazes de apoiar atividades de monitoramento de lavouras e facilitar a automação de rotinas na agricultura. Apesar de serem poucas as referências de estudos científicos na agricultura de precisão sobre o cultivo de batata-doce, como os apontados por Tedesco et al. (2021), Silva et al. (2020) e Sankaran et al. (2017), os resultados obtidos neste estudo trazem grande contribuição para a literatura de estudos com essa cultura.

CONCLUSÕES

A avaliação do índice NDVI do plantio até o momento da colheita, demonstrou apresentar variações e gerou informações importantes para compor um banco de dados sobre esse índice vegetativo para cultura da batata-doce, que é escasso na literatura para esse tipo de tecnologia de monitoramento utilizado. O menor e maior índice NDVI foram observados aos 30 e 60 DAP, respectivamente. Não foram observadas correlações significativas entre o índice NDVI e a massa seca e verde da parte aérea da batata-doce.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, T.R.; OLIVEIRA, C.P.; VILETE, V.F.; NASCIMENTO, W.P.; GOMES, V.V.; SILVA, S.M.A. Avaliação da adubação orgânica e mineral no cultivo de batata-doce na região Amazônica. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v.6, n.8, p.62133-62142, 2020.
- BARBOSA, K.M.N. **Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea da Várzea na Amazônia Central**. 131p. Dissertação (Doutorado em Ciências florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

- 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.
- CUCHO-PADIN, G.; LOAYZA, H.; PALACIOS, S.; BALCAZAR, M.; CARBAJAL, M.; QUIROZ, R. Development of low-cost remote sensing tools and methods for supporting smallholder agriculture. **Applied Geomatics** (2020) 12:247–26. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00292-5>
- FAN, L. GAO, Y.; BRÜCK, H.; BERNHOFER, CH. Investigatin the relationship between NDVI and LAI in semi-arid grassland in the Inner Mongolia using in-situ measurements. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v.95, p.151-156, 2009.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Grapes**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 06 de jun. de 2021.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.
- GALVANIN, E.A.S.; NEVES, S.M.A.S.; CRUZ, C.B.M.; NEVES, R.J.; JESUS, P.H.H.; KREITLOW, J.P. 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, 2014.
- JACKSON, R.D.; HUETE, A.R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v.11, p.185-200, 1991.
- JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto da vegetação. In: JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. Cap.11, p.357-410.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Gebrüder Bornträger, p.1-44, 1936.
- LISSNER, J.B. **Variação do índice de vegetação por diferença normalizada na lagoa Itapeva, litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análises de séries temporais**, 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão**. Brasília, p.31. 2009.
- MICASENSE (2017) Micasense knowledge base. Disponível em: <<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.
- PIMENTEL, F.G.; GARCIA, G.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2002. 307p.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no Estudo da Vegetação**, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. p.111-118, 2007.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **NASA Special Publication** (1974), p.309–317.

SANKARAN, S.; QUIRÓS, J.J.; KNOWLES, N.R.; KNOWLES, L.O. High-Resolution Aerial Imaging Based Estimation of Crop Emergence in Potatoes. **American Journal of Potato Research** 96(4): 658-663, 2017. DOI: 10.1007/s12230-017-9604-2.

SILVA, L.F.P.M.; PARREIRAS, T.C.; LIMA, W.; SERVIDONI, L.E.; FELIX, F.C.; SILVA, J.C.O.; BISSOLI, M.C.; ANDRADE JUNIOR, V.C.; SILVA, M.L.N.; MINCATO, R.L. Estimate of sweet potato productivity based on vegetation indices of drone imagery. In: **GEA International (Geo Eco-Eco Agro) Conference**, 2020, Podgorica. Book of Abstracts, 2020. p.167-167.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V.S. Madhuram: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.4, p.241-254, 2008.

TEDESCO, D.; OLIVEIRA, M.F.; SANTOS, A.F.; SILVA, E.H.C.; ROLIM, G.S.; SILVA, R.P. Use of remote sensing to characterize the phenological development and to predict sweet potato yield in two growing seasons, **European Journal of Agronomy**, v.129, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126337>

VIANA, L.A.; ZAMBOLIM, L.; SOUSA, T.V.; TOMAZ, D.C. Potencial uso de câmera termal acoplada a VANT para monitoramento de culturas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v.12(3): 286-298, 2018

Recebido em: 02/03/2022

Aprovado em: 03/04/2022

Publicado em: 06/04/2022