

# USO DE IMAGENS DE VANT'S PARA ESTIMAR A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO INDICE SPAD EM DOSSEL DE MELOEIRO

Thales Rafael Guimarães Queiroz<sup>1</sup>, Vinicius Bitencourt Campos Calou<sup>2</sup>, Marcio Regys Rabelo de Oliveira<sup>1</sup>, Mayara Oliveira Rocha<sup>1</sup>, Ana Lia Caetano Castelo Branco<sup>3</sup>, Luis Clenio Jário Moreira<sup>4</sup> e Adunias dos Santos Teixeira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Ceará, Bloco 804, s/n - Pici, Fortaleza, thalesraf04@hotmail.com. <sup>2</sup>Professor de Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - Campus Iguatu, Rodovia Iguatu/Várzea Alegre, Km 05, Vila Cajazeiras, Iguatu-CE, vinicius.calou@ifce.edu.br. <sup>3</sup>Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Centro de Ciências Agrárias - CCA/UFC- Fortaleza – CE, lia.r.b@hotmail.com. <sup>4</sup>Professor Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - Campus Limoeiro do Norte - CE, cleniojario@gmail.com. <sup>5</sup>Professor Ph.D. Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, Centro de Ciências Agrárias - CCA/UFC, Bloco 804, s/n - Pici, Fortaleza – CE, adunias@ufc.br

## RESUMO

No contexto da agricultura de precisão, os VANTs têm colaborado progressivamente para o monitoramento das lavouras com um ganho expressivo de tempo e de insumos. Assim este trabalho teve por objetivo avaliar a relação entre o medidor de clorofila SPAD-502® e o índice vegetativos pGRVI gerado a partir de respostas espectrais aquisitada por VANT sobre a cultura do meloeiro da variedade Natal aos 45 DAP. O trabalho foi realizado em uma área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UFC – Campus Pici. Para a obtenção dos dados do índice SPAD foram coletadas três amostras por cada uma das vinte linhas de plantio. Para obtenção das imagens aéreas, empregou-se um VANT Inspire 1, a 30 metros e com câmera X5 de 16MP. O processamento digital das fotos obtidas foi realizado com software PhotoScan®. A análise estatística mostrou haver correlação significativa entre os índices estudados sobre a cultura do meloeiro.

**Palavras-chave** — drone, clorofila, melão, índice, análise.

## ABSTRACT

*In the context of precision agriculture, the UAVs have been progressively collaborating to monitor crops with a significant gain in time and inputs. The objective of this work was to evaluate the relationship between the SPAD-502® chlorophyll meter and the vegetative index pGRVI generated from spectral responses acquired by VANT on the culture of the melon variety Natal at 45 DAP. The work was carried out in an experimental area of the Laboratory of Hydraulics and Irrigation of UFC - Pici Campus. To obtain the SPAD index data, three samples were collected for each of the 20 planting lines. To obtain the aerial images, a VANT Inspire 1, 30 meters long and 16MP X5 camera was used. The digital processing of the photos obtained was performed with PhotoScan® software. The statistical analysis showed a*

*significant correlation between the indexes studied on the melon culture.*

**Key words** — drone, clorofila, melon, indice, analyze.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto da agricultura de precisão, os veículos aéreos não tripulados (VANTs) estão sendo empregados como uma ferramenta promissora. Os VANTs têm colaborado para o sucesso das atividades econômicas, em que o monitoramento das lavouras para identificação de pragas e doenças, a identificação de deficiências nutricionais e déficit hídrico, a previsão de safras, ou o monitoramento da erosão do solo, podem ser citadas como novas tendências [1][2].

Os medidores portáteis de clorofila podem oferecer vantagens em termos ambientais e econômicos, pois podem permitir aos produtores ajustar, de forma dinâmica, as taxas de adição de nitrogênio ao solo, com base no “status” atual de N das plantas, com risco mínimo de redução na produção. Um destes medidores é o SPAD-502 [3].

O medidor de clorofila SPAD-502® (Konica Minolta Inc., Japão) é um sensor de clipe de folha que mede a luz transmitida por uma folha de planta quando um LED vermelho (650 nm) e um LED infravermelho (940 nm) iluminam uma pequena câmara escura (1 cm<sup>2</sup>). O instrumento processa a razão entre a luz transmitida nesses comprimentos de onda e a razão determinada na ausência de uma amostra para produzir uma leitura digital que é altamente correlacionada com o conteúdo foliar de Chl [4].

Neste sentido, a utilização de índices espectrais (mesmo que indiretos), como o pGRVI, também tem se mostrado importantes ferramentas de análise, como citam [5], [6] e [7].

Embora a obtenção de valores SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) sejam de fácil aquisição, é necessário que se façam várias leituras para obter uma estimativa do teor de clorofila em grandes áreas como por exemplo na cultura do meloeiro, uma alternativa a isso é a elaboração de mapas indicando os valores no espaço.

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi utilizar um índice passivo de vegetação (pGRVI – Passive Green Red Vegetation Index), para estimar e avaliar a distribuição espacial o valor SPAD de um dossel de melão.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará – Campus Pici. No campo experimental se encontrava um dossel de meloeiro da variedade Natal, no qual estava sendo avaliada a resposta da planta submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Tal fato garantiu que dentro da área houvesse variação e repetição dos cinco tratamentos implantados. A adubação da cultura se deu por fertirrigação, não sendo introduzido qualquer fator de desuniformidade entre os tratamentos salinos.

Para a obtenção dos dados do índice SPAD foram coletadas três amostras por cada uma das vinte linhas de plantio, totalizando 60 amostras. Tais amostras foram compostas de dez leituras em cada faixa e o valor considerado para a amostra foi a média destas 10 leituras (Figura 1).

Para obtenção das imagens aéreas, empregou-se um VANT Inspire 1, fabricado pela empresa DJI Innovations, sendo este um elemento categorizado entre multirrotor (Quadrirrotor). A aquisição das imagens aéreas ocorreu aos 45 dias após o plantio (DAP), fixando-se a altura de voo em 30 metros e velocidade de cruzeiro de 9,0 km/h. Foi utilizada a câmera X5 para a aquisição das imagens, sendo um sensor pancromático de 8 bits (256 tons) e 16MPixels de resolução. O processamento digital das fotos obtidas foi realizado com software PhotoScan®, da empresa Agisoft®, para a geração do ortomosaico georreferenciado da área de estudo.

O pGRVI (adaptado de [8]) é um índice indireto, pois não utiliza a reflectância da luz como grandeza física para a base de cálculos, mas sim a informação de cores de cada pixel. Assim, o pGRVI foi calculado com o auxílio do software ENVI®, através de matemática aplicada entre as bandas pancromáticas (8 bits) verde e vermelha, como exposto na Equação 1 a seguir, tornando possível correlacionar os valores do índice aos parâmetros levantados em campo com o SPAD.

$$pGRVI = \frac{(G-R)}{(G+R)} \quad (1)$$

Em que:

G - Banda pancromática verde, 0 a 255 bits.

R - Banda pancromática vermelha, 0 a 255 bits.

Do total, foram amostrados 10 pixels em cada repetição dos tratamentos avaliados, para representar uma média do índice em cada tratamento. Para a calibração do modelo foram utilizados quarenta dos 60 pontos, os quais foram submetidos a uma análise de regressão entre os valores do índice pGRVI e os valores do índice SPAD. O modelo que melhor se ajustou foi o polinomial de segunda ordem. Os

vinte pontos restantes foram utilizados para a validação do modelo.

## 3. RESULTADOS

A análise estatística, nesse trabalho, mostrou haver correlação significativa entre os dois índices mensurados. Após a análise de regressão entre os valores de índice SPAD e os valores do índice pGRVI extraídos da imagem do Vant, foi possível verificar o modelo polinomial de segunda ordem que melhor permitiu a estimativa (Figura 2), a partir do pGRVI. Tais resultados demonstraram que um alto coeficiente de determinação ( $R^2=0,934$ ).

Durante a avaliação do modelo foi verificado que a adição de novos parâmetros contribui invariavelmente para o aumento do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), entretanto, com a finalidade de analisar o quanto do modelo gerado realmente condiz com a representatividade da equação, é recomendado utilizar o coeficiente de determinação ajustado que não necessariamente aumenta com a adição de novos parâmetros no modelo. Assim, o  $R^2$  ajustado possibilitou avaliar a representatividade do índice pGRVI, a partir do conjunto de dados espectrais, sendo esta coerência com o índice SPAD, representado pelo  $R^2_a=0,879$  (Figura 3).

## 4. DISCUSSÃO

Ao longo dos anos verificou-se na maioria das culturas que a concentração de clorofila, isto é, o enverdecimento das folhas está intrinsecamente correlacionado ao teor de N nas folhas, haja visto que em torno de 70% deste nutriente pertence aos cloroplastos, para a síntese das moléculas de clorofila [9], da mesma maneira em que como seu nível de produção [10].

No que diz respeito à análise do teor de clorofila, entende-se que a metodologia de extração da clorofila em laboratório demanda bastante tempo para maceração e leitura em espectrofotômetro, além de representar uma forma destrutiva de coleta do material vegetal. O medidor de clorofila SPAD-502® se mostra efetivo ao quantificar o verde da planta e, indiretamente, medir a concentração de clorofila e o “status” de nitrogênio das folhas. E assim o fazem com elevada praticidade uma vez que são portáteis, suas avaliações serem rápidas, realizadas “*in situ*”, e assegurar que os tecidos das plantas não sejam danificados.

É sabido que os Veículos Aéreos Não Tripulados têm colaborado progressivamente para o monitoramento das lavouras com um ganho expressivo de tempo, principalmente quando o dossel que está sob análise envolvem contínuas estruturas foliares dispersas em extensas áreas. As folhas, fundamentalmente, são os órgãos das plantas que melhor representam estado nutricional durante o desenvolvimento de uma cultura. Sendo assim, a análise de grandes lavouras, ganha grande incentivo quando são aprimorados metodologias de sensoriamento remoto capazes de atender às necessidades do produtor ao mesmo tempo em que se mostra eficiente na apresentação de inferências plausíveis sobre os

níveis de potencial produtivo a que diferentes estados fisiológicos das plantas em estudo, como má nutrição ou estresse hídrico, neste caso, desencadeado pela salinidade da água de irrigação, verifica-se que os drones têm demonstrado, em estudos recentes, que representam uma excelente estratégia para *i)* avaliar o estado fisiológico das culturas, *ii)* reorientar práticas de manejo, até então implementadas de maneira generalizada, *iii)* ser usado como índice de prognóstico das produções ou ainda, *iv)* fazer recomendações aos produtores agrícolas a respeito da fertilização com nitrogênio em locais de menores índices.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização de imagens aéreas obtidas por meio de VANTs foi apresentada como ferramenta poderosa durante o monitoramento de plantios. O processamento digital das imagens aéreas e a utilização do índice pGRVI mostrou-se de grande auxílio na avaliação da fisiologia das plantas no que tange ao potencial produtivo de uma cultura como resultado direto de sua capacidade fotossintetizante. Assim, foi possível estimar diferentes níveis do potencial produtivo da cultura do meloeiro a partir de um voo realizado sobre a área em estudo.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] SANTESTEBAN, L. G. et al. High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agricultural Water Management*, v. 183, p. 49-59, 2017.

[2] ALSALAM, Bilal Hazim Younus et al. Autonomous UAV with vision based on-board decision making for remote sensing and precision agriculture. In: *Aerospace Conference, 2017 IEEE*. IEEE, 2017. p. 1-12.

[3] FERREIRA M. M.M., FERREIRA, G.B. FONTES, P.C.R, DANTAS, J.P., Índice *spad* e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*. 2006.

[4] YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Hortscience* 1986, 21, 1449-1450.

[5] CALOU, Vinicius Bitencourt et al. Classificação de imagem obtida por meio de vant para monitoramento da aplicação de herbicidas na cultura do sorgo. Anais de congresso. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 2017, Fortaleza*. Anais. p. 254-260. 2017.

[6] MONTIBELLER, M. et al. Identification of gaps in sugarcane plantations using UAV images. In: *Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos*. Anais. São José dos Campos: Inpe, 2017. p. 1169-1176.

[7] DUFT, Daniel Garbellini et al. Identificação de fechamento de dossel de cana-de-açúcar através de imagens de VANT. In: *Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos*. Anais. São José dos Campos: INPE, 2017. p. 5998-6005.

[8] MOTOHKA, Takeshi et al. Applicability of green-red vegetation index for remote sensing of vegetation phenology. *Remote Sensing*, v. 2, n. 10, p. 2369-2387, 2010.

[9] Wood CW, Reeves D.W. & Himelrick D.J. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand* 23: 1-9, (1993).

[10] Gil P.T. de; Fontes P.C.R., Cecon P.R. & Ferreira F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. *Horticultura Brasileira* 20: 611-615, (2002).

## 7. ILUSTRAÇÕES, GRÁFICOS E FOTOGRAFIAS



Figura 1. Disposição das tríplexes leituras ao longo de cada linha de cultivo.

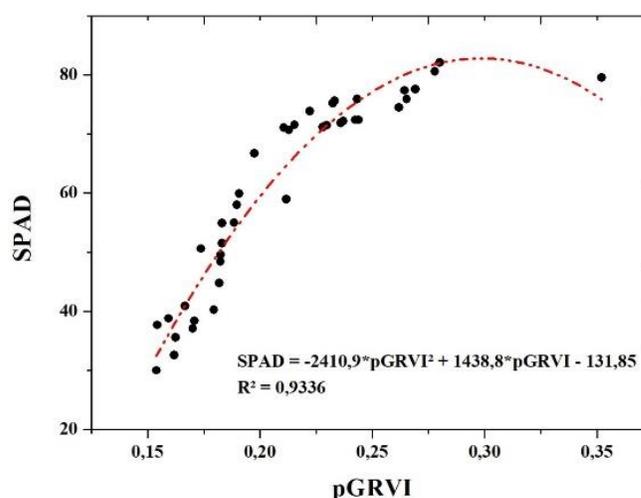


Figura 2. Modelo polinomial de segunda ordem para estimativa a partir do pGRVI.

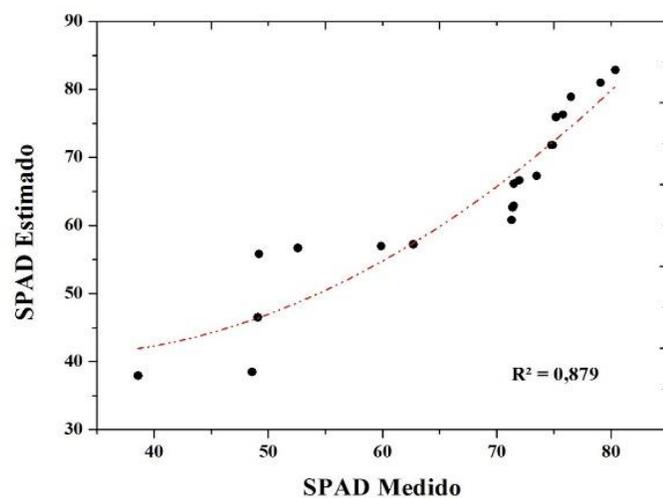


Figura 3. Ajuste dos valores de SPAD coletados e estimados em cada linha de cultivo.