

## POTENCIAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO COMO ESTIMADORES DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO

Hermano Jose Ribeiro Henriques<sup>1</sup>, Jorge Wilson Cortez<sup>2</sup>, Dario Alexandre Schwambach<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia, UFGD, (18)98140-0008, hermano.henriques.hh@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Doutor, UFGD, (67)982070891, jorgecortez@ufgd.edu.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Mestre, UFGD, (67) 99963-4584, dario\_schwambach@yahoo.com

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** Com a introdução de novos comprimentos de ondas no sensoriamento remoto, surge a necessidade de um novo estudo sobre a influência dos índices de vegetação (IVS) como fonte de dados para a estimativa da produtividade média na cultura do milho. Assim, o objetivo foi avaliar a acurácia dos IVS estudados, e seu potencial em representar a produtividade média da cultura do milho a campo. Os índices utilizados foram: NDRE, GNDVI e PNDVI, sendo propostas alterações nas fórmulas dos índices GNDVI e PNDVI, substituindo o comprimento de onda Vermelho (Red) pelo Vermelho da Borda (Red Edge). Para o cálculo dos IVS, foram utilizadas as bandas multiespectrais dos satélites Sentinel 2A e 2B, sendo estas: B2 (azul), B3 (verde), B4 (vermelho), B5 (vermelho da borda), e B8 (infravermelho próximo). O levantamento de dados de produtividade foi obtido de colhedora de grão composta por sistema de navegação via satélite, painel e sensores embarcados. Foi possível observar a alta correlação existente entre os índices estudados e a produtividade, sendo possível afirmar que todos os IVS podem ser utilizados na estimativa da produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** satélites, comprimentos de onda, NDVI

## POTENTIAL OF VEGETATION INDICES AS ESTIMATORS TO PRODUCTIVITY IN THE FIELD MAIZE

**ABSTRACT:** With the introduction of new wave components without remote sensing, the need for a new study on their influence on vegetation indices (IVS) as a source of data for an estimate of the crop average in the corn crop. Thus, the objective was to evaluate the accuracy of the studied IVS and their potential in using the average corn crop in the field. The indices used were: NDRE, GNDVI and PNDVI, changes being applied to the formulas of the GNDVI and PNDVI indices, replacing the length of the Red wave with the Red Edge. For the calculation of IVs, they were used as multispectral bands of the Sentinel 2A and 2B satellites, these being: B2 (blue), B3 (green), B4 (red), B5 (red edge) and B8 (near infrared). The tracking data survey was carried out through the grain harvester composed by the satellite navigation system, panel and embedded sensors. In this study it was possible to observe the high correlation between the studied indexes and productivity, it being possible to state that all IVS can be used to estimate productivity.

**KEYWORDS:** satellites, wavelengths, vegetation indices

**INTRODUÇÃO:** A cada safra agrícola é de fundamental importância o levantamento do potencial produtivo da cultura do milho. Este processo é influenciado pela variabilidade espacial existente a campo, sendo necessário o ajuste de ferramentas que auxiliem no

exercício deste processo. Neste sentido, o sensoriamento remoto (SR) pode ser utilizado como um dispositivo adicional. Pesquisadores em todo o mundo buscam aprimorar técnicas de tratamento de imagens em baixa resolução, por serem disponibilizadas gratuitamente, fornecerem extensa cobertura e alta resolução temporal. Isto torna possível a detecção de parâmetros relacionados ao desenvolvimento vegetal, por meio do levantamento espacial e temporal da atividade fotossintética na forma de índices de vegetação (IVS), através da reflexão da radiação eletromagnética (REM) emitida pelo dossel da cultura em análise (BERTOLIN et al., 2017). Para que isto ocorra, a aquisição de imagens deve ser feita baseada no estágio fenológico da cultura, para o milho a campo, florescimento pleno, sendo confirmado por Bertolin et al. (2017) como o ápice fotossintético da cultura, fator determinante ao melhor momento ao cálculo dos IVS. Os IVS são fórmulas matemáticas normalizadas, que fazem uso da REM e seus comprimentos de onda: azul, verde, vermelho, vermelho da borda e infravermelho próximo. Ngie e Ahamed (2018) em seu estudo, afirmam que a estimativa da atividade fotossintética do milho, pode ser determinada com o uso de IVS e imagens orbitais em média resolução, e de acordo com Bertolin et al. (2017), a produtividade média na cultura do milho pode ser estimada através da utilização de IVS, aplicados a equações matemáticas de regressão linear. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a acurácia dos IVS estudados, e seu potencial em representar a produtividade média da cultura do milho a campo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado utilizando imagens orbitais de uma área comercial de 120,84 ha, cultivada com milho sob condições de sequeiro em segunda safra, situada no município de Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, nas coordenadas 22°22'10.17"S e 55°11'5.04"O. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), e o relevo considerado plano com altitude média de 435 m. O clima da região é do tipo CWa segundo a classificação de Köppen (1936), temperado húmido com inverno seco e verão quente. O esquema amostral utilizado foi constituído por 12084 parcelas, sendo cada parcela constituída por um pixel de dimensões 10 x 10 m, perfazendo uma área de 100 m<sup>2</sup>. As imagens orbitais foram adquiridas dia 24 de abril de 2018, quando o milho se encontrava no estágio fenológico R1, florescimento pleno, sendo baixadas dos instrumentos imageadores Sentinel-2A e Sentinel-2B, por meio do site de Serviços Geológicos dos Estados Unidos, através da página EarthExplorer (EARTHEXPLORER, 2018). As fórmulas dos IVS foram extraídas na íntegra e aplicadas conforme as recomendações dos autores.

Fitzgerald et al. (2006), equação 1:

$$NDRE=(NIR-Red\ Edge) / (NIR+Red\ Edge) \quad (1)$$

Em que NDRE é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada com Vermelho da Borda.

Gitelson e Merzlyak (1998), equação 2:

$$GNDVI=(NIR-Green) / (NIR+Green) \quad (2)$$

Em que GNDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Verde.

Fu-Min et al. (2007), equação 3.

$$PNDVI=[NIR-((Green+Red+Blue))]/[NIR+(Green+Red+Blue)] \quad (3)$$

Em que PNDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Pan com Verde, Vermelho e Azul.

As fórmulas GRNDVI e PNDVI seguem o princípio da mesma sequência exposta por (FU-MIN et al., 2007), porém com a substituição do comprimento de onda vermelho pelo vermelho da borda. Para distinção de suas nomenclaturas foram alteradas para GRENDVI e

PRENDVI. Os dados de produtividade foram obtidos por meio de uma colhedora de grãos equipadas com sistemas para agricultura de precisão. Os dados foram submetidos a análise de correlação entre os IVS e a produtividade do milho.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foi observada alta correlação entre os IVS, sendo esta superior a 98% (Tabela 1). Para a produtividade o mesmo padrão é observado, porém com menor intensidade, variando entre 84 e 85% (Tabela 1). Yamamoto e Landim (2013) posicionam que correlações acima de 75% são satisfatórias. Com estes parâmetros, pode-se afirmar que os índices estudados podem ser utilizados para a estimativa da produtividade do milho a campo.

TABELA 1. Matriz de correlação entre os índices de vegetação e a produtividade.

IV	PROD.	PRENDVI	PNDVI	GRENDVI	GRNDVI	NDRE
PRENDVI	0,85**					
PNDVI	0,84**	0,99**				
GRENDVI	0,85**	0,99**	0,99**			
NDRE	0,85**	0,99**	0,99**	0,99**	0,99**	
GNDVI	0,84**	0,99**	0,98**	0,99**	0,99**	0,98**

Fonte: Elaborado pelo próprio autor; \*\* (significativo a 1% de probabilidade); Produtividade (PROD.); índice de vegetação por diferença normalizada pan com verde, vermelho da borda e azul (PRENDVI); índice de vegetação por diferença normalizada pan com verde, vermelho e Azul (PNDVI); índice de vegetação por diferença normalizada verde com vermelho da borda (GRENDVI); índice de vegetação por diferença normalizada com vermelho da borda (NDRE); índice de vegetação por diferença normalizada verde (GNDVI).

Os resultados das regressões lineares indicam que todos os IVS podem ser utilizados na estimativa da produtividade. Os valores médios representados pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a produtividade ficaram na ordem de 64% (Tabela 2). Amado et al., (2017) também verificaram na cultura do milho resultados lineares com doses crescentes de N e sua correlação com os IVS nos estádios vegetativos V8 e V12. Além disso, Vian et al., (2016) ao avaliarem a estimativa da produtividade do milho pelos IVS, entre os estádios vegetativos V3 a V8, observaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre 0,63 a 0,83, respectivamente, e afirmam que a medida que a planta cresce esta correlação aumenta, e onde ocorre maior índice há maior produtividade.

TABELA 2. Resultado da regressão linear entre a produtividade e os IVS.

Variável – D	Variável – I	Equações	$R^2$	F	P
PROD.	PRENDVI	$Y = 1595,38 + 7873,97 X$	0,64	21833,07**	$< 10^{-3}$
	PNDVI	$Y = 1353,09 + 6845,30 X$	0,62	20291,65**	$< 10^{-3}$
	GRENDVI	$Y = 527,09 + 8537,48 X$	0,65	22422,00**	$< 10^{-3}$
	NDRE	$Y = - 1785,59 + 9764,29 X$	0,65	22793,21**	$< 10^{-3}$
	GNDVI	$Y = - 7698,66 + 16353,96 X$	0,64	21689,68**	$< 10^{-3}$
	GRNDVI	$Y = 333,32 + 7310,13 X$	0,63	20560,03**	$< 10^{-3}$

Fonte.: D (variável dependente); I (variável independente); \*\* (significativo a 1% de probabilidade); Y (produtividade - kg ha<sup>-1</sup>); X (índice de vegetação - nm); NDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada; NDRE - Índice de vegetação por diferença normalizada com vermelho da borda; GNDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada verde; GRNDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada verde com vermelho; GRENDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada verde com vermelho da borda; PNDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada pan com verde, vermelho e azul; PRENDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada pan com verde, vermelho da borda e azul

## CONCLUSÕES:

Os índices de vegetação NDRE, GNDVI, PNDVI, PRENDVI, GRENDVI e GRNDVI podem ser utilizados para estimar a produtividade do milho a campo.

## **AGRADECIMENTOS:**

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos do primeiro autor.

## **REFERÊNCIAS:**

- AMADO, T. J. C.; VILLABA, E. O. H.; BORTOLLOTO, R. P.; NORA, D. D.; BRAGAGNOLO, J.; LEON, E. A. B. Yield and nutritional efficiency of corn in response to rates and splits of nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 64, n.4, p. 351-359, 2017.
- BERTOLIN, N. O.; ROBERTO, F.; LUAN, P. V.; EVERARDO, C. M. Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1627-1638, 2017.
- EARTHEXPLORER. Sit <<https://earthexplorer.usgs.gov>>, acessado em maio 2018.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Handbuch der Klimatologie. **Gebrüder Bornträger**, p. 1-44, 1936.
- FITZGERALD, G. J.; RODRIGUEZ, D.; CHRISTENSEN, L. K; BELFORD, R.; SADRAS, V. O.; CLARKE, T. R. Spectral and thermal sensing for nitrogen and water status in rainfed and irrigated wheat environments. **Precision Agriculture**, v. 7, n. 4, p. 233–248, 2006.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. Remote Sensing of Chlorophyll Concentration in Higher Plant Leaves. **Advances in Space Research**, v. 22, n.5, p. 689-692, 1998.
- FU-MIN, W.; JING-FENG, H.; YAN-LIN, T.; XIU-ZHEN, W. New Vegetation Index and Its Application in Estimating Leaf Area Index of Rice. **Rice Science**. v. 14, n. 3, p. 195-203, 2007.
- NGIE, A.; AHAMED, F. Estimation of Maize grain yield using multispectral satellite data sets (SPOT 5) and the random forest algorithm. **South African Journal of Geomatics**, vol. 7, n. 1, p. 11-30, 2018.
- VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINI, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356 p.