

## DINÂMICA ESPECTRO-TEMPORAL DO TRIGO POR MEIO DE MULTISENSOR

CARLOS E. V. CATTANI <sup>1</sup>, ERIVELTO MERCANTE <sup>2</sup>, MARITANE PRIOR <sup>3</sup>,  
ISAQUE S. MENDES <sup>4</sup>, DIANDRA GANASCINI <sup>5</sup>, IVÃ L. CAON <sup>6</sup>,

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando -Programa de pós-graduação Engenharia Agrícola-PGEAGRI, Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, Rua do Comercio, 480, Jardim Maria Luiza, Cascavel – PR;

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Associado/CCET/PGEAGRI, UNIOESTE;

<sup>3</sup> Engenheira Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutora em Agronomia, Professora no PPGEA – Programa de Pós-Graduação Engenharia de Energia na Agricultura, UNIOESTE;

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando -Programa de pós-graduação Engenharia Agrícola-PGEAGRI, UNIOESTE;

<sup>5</sup> Engenheira Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutoranda - PGEAGRI, UNIOESTE;

<sup>6</sup> Acadêmico de Engenharia agrícola, UNIOESTE.

Apresentado no

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** A dinâmica temporal das culturas agrícolas pode ser traduzida por meio de índices de vegetação (IV) em múltiplas datas, pois a utilização de IV's em determinados estádios de desenvolvimento, possuem boas relações com parâmetros biofísicos. Há diversos IV's, sendo que os mais comumente utilizados são os baseados nas bandas do vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR), porém estudos com IV's que utilizaram as bandas do NIR e a do infravermelho médio (SWIR), têm apontado bons resultados na estimativa de parâmetros biofísicos de culturas agrícolas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os perfis espectro-temporais de diferentes índices de vegetação (NDVI, NDRE, WRDVI e NDMI) e correlacionar esses perfis com o índice de área foliar (IAF). Para a caracterização dos IV's foram utilizados dois sensores remotos terrestres, o sensor passivo hiperespectral FieldSpec4 standart-res (FS), e o sensor ativo GreenSeeker 505 Handheld (GS). Para obtenção do índice de área foliar (IAF), foi utilizado o sensor LAI-2200C. A variável biofísica IAF, mostrou melhor resultado ao ser estimada pelo índice NDMI, apresentando os maiores valores de correlação, coeficiente de concordância e os menores erros (ME e RMSE).

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento remoto, índices de vegetação, sensores terrestres

### SPECTRO-TEMPORAL DYNAMICS OF WHEAT THROUGH MULTI-SENSOR SPECTRAL DATA

**ABSTRACT:** The temporal dynamics of agricultural crops can be translated by means of vegetation indexes (IV) on multiple dates, since the use of IV's at certain stages of development has good relations with biophysical parameters. There are several IV's, the most commonly used are those based on the bands of red (RED) and near infrared (NIR), however studies with IV's that used the bands of NIR and the medium infrared (SWIR), have shown good results in estimating biophysical parameters of agricultural crops. The objective of this experiment was to characterize the spectral-temporal profiles of different vegetation indices (NDVI, NDRE, WRDVI and NDMI) and to correlate these profiles with the leaf area index (IAF). For the characterization of the IV's, two terrestrial remote sensors were used, the passive hyperspectral sensor FieldSpec4 standart-res (FS), and the active sensor GreenSeeker 505 Handheld (GS). To obtain the leaf area index (IAF), the LAI-2200C sensor was used. The IAF biophysical variable showed the best result when estimated using the NDMI index, with

the highest correlation values and coefficient of agreement and the lowest errors (ME and RMSE).

**KEYWORDS:** Remote sensing, Vegetation index, ground sensors.

**INTRODUÇÃO:** O sensoriamento remoto (SR) tem assumido papel categórico no desenvolvimento de ferramentas para adquirir e refinar dados agrícolas, possibilitando a obtenção de informações sobre as culturas de maneira rápida e eficiente (CATTANI et al. 2017). No entanto, o acompanhamento de safras por SR ainda encontra alguns desafios, pois em condições onde a vegetação cobre totalmente o solo, algumas culturas podem parecer espectralmente semelhantes para os atuais sensores orbitais (YAO et al, 2015), o que dificulta obtenção de informações sobre o alvo observado. Para enfrentar esse problema, novas tecnologias estão sendo testadas com o objetivo de analisar seu potencial de diferenciação espectral, como a utilização de sensores terrestres multi e hiperespectrais que adquirem informações em diversas bandas espectrais estreitas e contínuas. Dessa forma, dados hiperespectrais têm auxiliado substancialmente na estimativa de atributos biofísicos de culturas agrícolas (MULLA, 2013). Estudos utilizando sensores terrestres tem sido realizado para explorar as relações existentes entre a IV's e propriedades biofísicas da vegetação (VIANA et al., 2018). Dentre diversos parâmetros o IAF (Índice de Área Foliar) destaca-se como um dos principais parâmetros biofísicos estudados, muito utilizado em modelos de crescimento vegetal pois está relacionado à produção de biomassa e produtividade (PRUDENTE et al., 2019). Neste sentido o objetivo geral do trabalho é utilizar dados obtidos de sensores terrestres para caracterizar os perfis espectro-temporais de índices de vegetação (IV's), do trigo (*Triticum aestivum L.*) e relacionar estes perfis com o índice de área foliar (IAF).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi desenvolvido em uma área agrícola comercial de 78,3 hectares semeada com trigo, localizada nas coordenadas 53°26'13" W, 23°49'54" S no município de Cascavel – PR, segundo a classificação de Köppen, a área sob estudo pertence ao clima temperado úmido com verão quente (Cfa), com temperaturas médias variando entre 19 °C e 21°C e precipitação anual variando entre 1550 mm a 1650 mm (APARECIDO et al., 2016). Para obtenção dados a campo foram distribuídos 24 pontos coleta pelo talhão, por se tratar de uma área comercial o arranjo respeitou as linhas de pulverização, fazendo com que as coletas de campo fossem facilitadas. Foram realizadas 8 coletas em diferentes datas durante uma safra, para os levantamentos de dados a campo foram utilizados três sensores, sendo eles o sensor hiperespectral FieldSpec4 modelo Standard-Res (ASD, BOULDER, CO, USA), o sensor multiespectral GreenSeeker 505 Handheld (TRIMBLE AGRICULTURE, WESTMINSTER, CO, USA) e o sensor LAI-2200C (LI-COR, LINCOLN, NEBRASKA USA). Para coleta dos dados hiperespectrais o equipamento FieldSpec4 foi utilizado de maneira passiva, para isto utiliza-se um acessório (pistola), com uma visada (FOV – *Field-of-View*) de 25°, os dados foram coletados a 0,80 metros acima do dossel, o que garante uma visada com 0,60 metros de diâmetro horizontalmente ao dossel. O sensor multiespectral terrestre GreenSeeker 505 Handheld é um sensor ativo que realiza medidas nas faixas do vermelho (660 nm) e infravermelho próximo (780 nm) do espectro eletromagnético. As coletas em campo foram com este sensor foram realizadas a uma altura de 0,80 metros acima do dossel da cultura, obtendo desta maneira uma largura de trabalho de 0,6 metros, o sensor foi posicionado o sensor na entrelinha da cultura e percorrida uma distância de 8 m a 10m. Para as medidas de área foliar foi utilizado o sensor LAI-2200C, este equipamento é utilizado com a principal função de medir o IAF das culturas, o sensor calcula o IAF e outros atributos da estrutura do dossel de maneira passiva com métodos indiretos, isto é possível a partir de medições de radiação solar feitas por meio de um sensor óptico (*fish-eye*). Os dados obtidos

pelos sensores FieldSpec 4 (FS) e GreenSeeker (GS) não apresentam como produto os valores de IV's, apenas valores de refletância, no caso do sensor GS, as bandas 660 nm (RED) e 780 nm (NIR), e para o sensor FS os comprimentos de onda variando entre 350nm a 2500nm, sendo assim fez-se necessário seleção dos comprimentos de onda necessários para geração dos IV's. Devido ao grande volume de dados, os recortes de bandas, cálculos dos índices de vegetação e geração dos perfis temporais foram desenvolvidos via rotina em linguagem Python, os IV's utilizados para estimar os parâmetros biofísicos foram os NDVI, NDRE, WDRVI e NDMI (ROUSE, 1973; GITELSON, 2004; JIN e SADER, 2005; SHARMA et al. 2015). As análises estatísticas foram realizadas no software Action Stat Pro, avaliou-se as correlações entre informações espectrais (índices de vegetação) e variável biofísica (IAF), para isto utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman (rs). Os polinômios ajustados para a comparação entre IV's e parâmetros biofísicos foram determinados utilizando como base os melhores coeficientes de determinação ( $R^2$ ). O desempenho do modelo foi analisado pelo método do erro médio (ME), Raiz do erro quadrático médio (RMSE), índice refinado de Willmott (dr) e Índice de desempenho ( $P_i$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A variável biofísica Índice de área foliar (IAF) manifestou correlações significativas e positivas para todos os IV's FS analisados (Tabela 1), com os maiores valores de correlação de 0,77 e 0,64 para o NDMI e NDRE, respectivamente. Os demais IV's apresentaram menores correlações, sendo 0,56 para NDVI FS e WDRVI FS. Os IV's GS obtiveram correlações mais altas, quando comparados aos mesmos IV's analisados no sensor FS, com rs de 0,78 para NDVI GS e 0,77 para o índice WDRVI GS. Para o IAF, os modelos ajustados com IV's do sensor ativo GS mostraram-se mais homogêneos quanto sua performance, não apresentando  $P_i$  inferior a 0,6.

TABELA 1. Estatística de concordância de valores de índice de área foliar (IAF) e índices de vegetação para ambos os sensores.

IV's	Sensor	ME	RMSE	rs	dr	$P_i$	
NDVI FS	FieldSpec4	1.372	0.686	0.56	0.75	0.42	Mediano
NDRE		1.162	0.581	0.64	0.76	0.49	Bom
WDRVI FS		1.384	0.692	0.56	0.75	0.42	Mediano
NDMI		0.718	0.359	0.77	0.82	0.64	Muito Bom
NDVI GS	IV's	0.941	0.471	0.78	0.79	0.62	Muito Bom
WDRVI GS	GreenSeeker	0.932	0.466	0.77	0.80	0.62	Muito Bom

rs – correlação de Spearman; ME – Erro Médio; RMSE – Raiz do erro médio quadrático, dr – Coeficiente de concordância aprimorado de Willmott.;  $P_i$  – Índice de performance

Prudente et al. (2019) demonstraram que os sensores passivos (como FieldSpec 4) podem ter seu desempenho afetados pelas condições de campo, com presença de nuvens ou iluminação instável, mesmo que por períodos curtos, podem interferir significativamente nos valores de refletância, entre os períodos de leitura. Viana et al. (2018), sugerem que os sensores ativos podem ser menos afetados pela variabilidade do ambiente, devido a sua característica que independe de fontes de luz solar. De maneira geral dos modelos produzidos, o NDMI apresentou melhor desempenho, com maiores correlações e coeficiente de determinação ( $rs = 0,77$  e  $R^2 = 0,82$ ), menor dispersão entre os dados ( $dr = 0,8$ ) e melhor índice de desempenho ( $P_i = 0,64$ ).

**CONCLUSÕES:** Os modelos gerados por meio dos IV's GS apresentaram mais homogeneidade, entretanto o melhor desempenho foi encontrado para o sensor passivo FS, com o modelo de estimativa ajustado por meio do IV NDMI.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Parque Tecnológico da Itaipú- FPTI, Celtaab- Centro Latino Americano de tecnologias abertas, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e CNPQ.

**REFERÊNCIAS:**

- APARECIDO, L. E. DE O.; ROLIM, G. D. S.; RICHE - TTI, J.; SOUZA, P. S. DE; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405–417, 2016.
- CATTANI, C. E. V.; GARCIA, M. R.; MERCATE, E.; JOHANN, J. A.; CORREA, M. M.; OLDONI, L. O. Spectral-temporal characterization of wheat cultivars through NDVI obtained by terrestrial sensors. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.11, p.769-773, 2017.
- GITELSON, A.A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal Plant Physiology**, v.161, p.165-173, 2004.
- JIN, S.; SADER, S. A. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, n. 3, p. 364–372, 2005.
- MULLA, D.J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, p.358-371, 2013.
- PRUDENTE, V. H. R; MERCANTE, E; JOHANN, J. A; SOUZA, C. H. W.; CATTANI, C. E. V.; MENDES, I.S; CAON, I. L. Use of terrestrial remote sensing to estimate soybeans and beans biophysical parameters, **Geocarto International**. Disponível em: <doi: 10.1080/10106049.2019.1624982 >. Acesso em: mar. 2020.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Anais... Washington, USA: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973.
- SHARMA, L.; BU, H.; DENTON, A.; FRANZEN, D. Active-Optical Sensors Using Red NDVI Compared to Red Edge NDVI for Prediction of Corn Grain Yield in North Dakota, U.S.A. **Sensors**, v. 15, n. 11, p. 27832–27853, 2015.
- VIANA, O. H.; MERCANTE, E.; ANDRADE, M. G.; FELIPETTO, H.; CATTANI, C. E. V.; BOMBARDA, F. F.; VILAS BOAS, M. A. Crambe Potential of hyperspectral remote sensing to estimate the yield of a abyssinica Hochst crop. **Journal of Applied Remote Sensing**. v. 12, n. 1, p. 16 – 23, 2018.
- YAO, F.; TANG, Y.; WANG, P.; ZHANG, J. Estimation of maize yield by using a process-based model and remote sensing data in the Northeast China Plain. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.87, p.142-152. 2015.