NDVI E ALGUNS FATORES DE VARIABILIDADE

Denise Cybis Fontana[1], Leonardo Nascimento do Santos[1], Genei Antonio Dalmago[2], Juliano Schirmbeck[3], Lucimara Schirmbeck[1]

[1]UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, dfontana@ufrgs.br, leonardo_n.s@hotmail.com, lucimaraws@gmail.com; [2]EMBRAPA Trigo, Rodovia BR 285, Km 294, CEP 99050-970, Passo Fundo, RS, genei.dalmago@embrapa.br; [3] UNIVATES, Rua Avelino Talini 171, CEP 95914-014, Lajeado, RS, schirmbeck.j@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi relacionar o índice NDVI, assim como reflectâncias no vermelho e infravermelho, sobre uma lavoura de soja (*Glycine max*) a alguns fatores de variabilidade: i) desenvolvimento da cultura durante o ciclo, ii) horários de medição e iii) condições de nebulosidade. A área experimental abrangeu uma lavoura de soja de 28ha, localizada no município de Carazinho, RS, na safra 2017/18. Foram analisados os dados de medidas contínuas da radiação incidente (SRS NDVI Hemisférico) e refletida (SRS NDVI com Limitador de Visão) no espectro do vermelho e do infravermelho próximo, assim como os dados de NDVI. Os resultados mostraram que o NDVI expressa as variações da biomassa da soja ao longo do ciclo enquanto o IAF é inferior a 5, mas mostra dependência do horário de medição e das condições de nebulosidade.

Palavras-chave — Reflectância, radiometria terrestre, nebulosidade, soja.

ABSTRACT

The objective of this work was to relate the NDVI index, as well as red and infrared reflectances, on a soybean crop (Glycine max) to some variability factors: i) crop development during the cycle, (ii) measurement times and (iii) cloud conditions. The experimental area covered a soybean crop of 28ha, located in Carazinho, RS, in the 2017/18 crop year. Data from continuous incident (SRS NDVI Hemispheric) and reflected (SRS NDVI with Sight Limit) radiation measurements in the red and near infrared spectra were analyzed, as well as the NDVI data. The results showed that NDVI expresses variations in soybean biomass over the cycle while IAF is less than 5, but shows dependence on the measurement schedule and cloud conditions.

Key words — *Reflectance, ground radiometry, cloundness, soubeans.*

1. INTRODUÇÃO

O índice NDVI (do *inglês Normalized Difference Vegetation Index*) é um dos índices de vegetação mais amplamente utilizado para análise de vegetação em diversas áreas do conhecimento, mas especialmente nas ciências agrárias. O NDVI permite o monitoramento de biomassa verde das regiões de produção ao utilizar na sua equação, a relação antagônica da reflectância nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo frente ao acúmulo de biomassa [1].

Entre as aplicações mais frequentes estão as inferências sobre parâmetros biofísicos [2][3], monitoramento e a modelagem do rendimento de grãos [4][5][6] ou mesmo a indicação da sanidade das plantas, como doenças e deficiências nutricionais [7].

Outro aspecto bem importante é que NDVI tende a minimizar os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, fatores que influenciam nos valores de reflectância da vegetação [8], permitindo estudos comparativos entre diferentes locais ou épocas.

Apesar disso, e também do uso intenso do NDVI, algumas incertezas relacionadas às condições de aquisição dos dados de reflectância precisam ser melhor compreendidas, de forma a contribuir para um entendimento dos valores do índice, assim como dos diversos modelos ajustados e das limitações existentes.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, analisar a variabilidade do índice NDVI, assim como das reflectâncias no vermelho e infravermelho próximo, sobre uma lavoura de soja (*Glycine max*), frente a alguns fatores de variabilidade: i) desenvolvimento da cultura durante o ciclo, ii) horários de medição e iii) condições de nebulosidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental abrangeu uma lavoura de soja de 28ha, localizada no município de Carazinho (lat 28°13'43.89"S long 52°54'15.93"O), pertencente a Granja Capão Alto, numa parceria entre a UFRGS e a EMBRAPA-Trigo.

A semeadura da soja foi feita no dia 13 de novembro de 2017 e a colheita ocorreu em 03 de abril de 2018. Ao longo de todo este período foram medidos diversos parâmetros biofísicos, meteorológicos e radiométricos. No presente trabalho foram analisados os dados de índice de área foliar e as medidas contínuas da radiação incidente (Decagon SRS-NDVI Hemisférico) e refletida (Decagon SRS NDVI com Limitador de Visão) no espectro do vermelho -V (0,64 a 0,66

µm) e do infravermelho próximo – IVP (0,81 a 0,83 µm), assim como os dados de NDVI (Eq. 1).

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \qquad \text{Eq. 1}$$

Os sensores espectrais foram instalados em um mastro no centro da lavoura, a uma altura, ajustável ao longo do ciclo, de 1 m acima do topo do dossel (Figura 1). A reflectância nos espectros V e IVP foi obtida pela razão entre a radiação refletida (sensor voltado para baixo) e incidente (sensor voltado para cima).



Figura 1. Detalhe do equipamento SRS NDVI Hemisférico e com Limitador de Visão instalado na lavoura experimental em Carazinho, RS, safra 2017/18.

Os dados medidos de IAF e de NDVI medidos no horário de passagem do satélite Landsat (10:30h), foram plotados em função das etapas do ciclo de desenvolvimento da soja. Também foi confeccionado gráfico mostrando o transcurso diário do NDVI em dias ensolarados ao longo das diferentes etapas do ciclo. E, por fim, de forma a analisar a influência de nebulosidade foram escolhidos dois dias para exemplificar o transcurso diário das reflectâncias no V e IVP, assim como do NDVI, em dias nublados e ensolarados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. NDVI e as fases do desenvolvimento

O NDVI da soja apresentou incrementos desde a semeadura da lavoura até um valor máximo, próximo de 0,9, reduzindo novamente ao final do ciclo (Figura 2). Este padrão de resposta, que mostra associação com o IAF, é definido pela forma como a radiação nas porções V e IVP do espectro interage com o dossel vegetal. A medida em que ocorrem incrementos de biomassa na lavoura de soja, se observou diminuição na reflectância no V, em função do aumento na absorção pelos pigmentos presentes na folha, e aumentou a reflectância no IVP, pelas múltiplas reflexões que ocorrem no dossel mais estruturado [1][2]. Esta resposta antagônica nas porções V e IVP causa os incrementos no NDVI.

Observa-se ainda estabilização dos valores máximos do NDVI a partir do início do florescimento (estádio fenológico R2), quando o IAF da cultura foi próximo de 5, momento em que a soja apresenta o máximo de desenvolvimento vegetativo [9]. Esta estabilidade perdurou durante todo o período reprodutivo da cultura, desde o R2 até o R6.

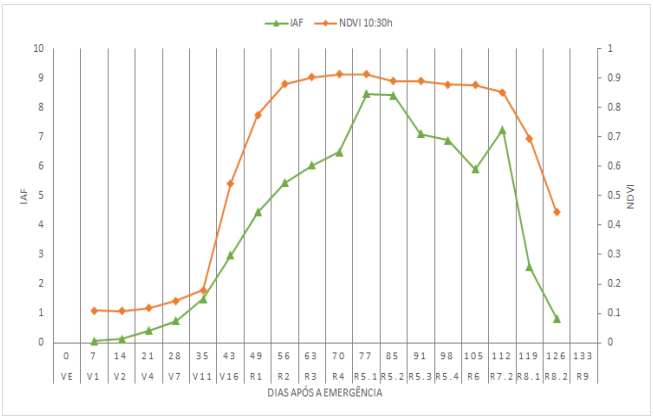


Figura 2. Transcurso do IAF e do NDVI ao longo do ciclo da soja. Carazinho, RS, safra 2017/18. (escala fenológica de Ritchie et al., 1982, adaptada por Yorinori, 1996).

O NDVI voltou a reduzir somente após o início da maturação (R7), com a translocação de nutrientes para o enchimento de grãos e o consequente amarelecimento e queda natural das folhas, reduzindo o IAF novamente para valores inferiores a 5. Este padrão ao longo do ciclo da soja confirma resultados observados em outros estudos [2][3][10], havendo entretanto variações no valor a partir do qual o NDVI perde sensibilidade em detectar os incrementos de biomassa, associadas às condições de manejo e clima.

Evidencia-se, assim, na Figura 2, uma das mais importantes limitações no uso do NDVI, que é a saturação [1][3]. Aumentos ou reduções no IAF não resultam em alteração no NDVI, o que indica falta de sensibilidade do índice em altas densidades de biomassa (no caso, com IAF acima de 5).

3.1. NDVI e os horários de medição

Ao longo do dia, o NDVI apresentou valores menores no início da manhã e final da tarde, quando o fluxo de radiação solar é bastante baixo e incide com maior inclinação. Após, ocorre estabilização do NDVI, o que foi observado tanto no no início quanto no final do ciclo da cultura.

Entretanto, especialmente nas medições tomadas no período em que a cultura ainda não apresentava cobertura total do solo, verificou-se uma redução nos valores de NDVI nos horários centrais do dia. No dia 4/01 o IAF da soja era próximo a 3. As reduções possivelmente estejam associadas à influência do fundo na reflectância do dossel semeada em linhas, visto que palha ou solo descoberto tendem a reduzir o NDVI [1]. O padrão é mais significativo nos momentos em que a radiação solar incide de forma mais perpendicularà

superfície. Este resultado, com aspecto côncavo, já é conhecido [10], mas explicita a influência da geometria de aquisição dos dados (sol-sensor-superfície) e, portanto, da necessidade de padronização do horário de obtenção das medidas de NDVI quando se deseja fazer comparações.

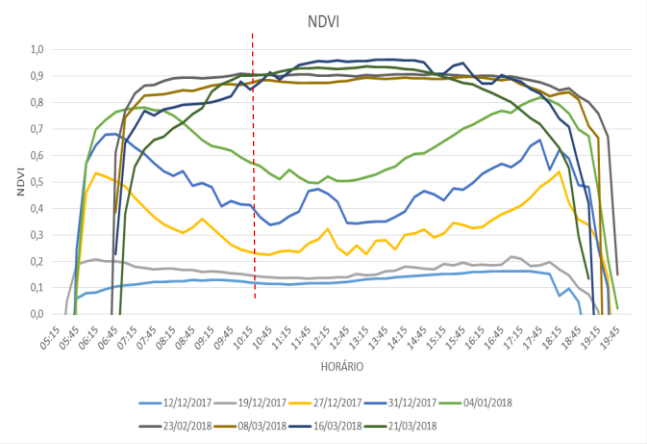


Figura 3. Transcurso diário do NDVI ao longo do ciclo da soja. Carazinho, RS, safra 2017/18. A linha vermelha assinala o horário das 10:30h de passagem do satélite Landsat-8.

3.3. NDVI e as condições de nebulosidade

Em relação a nebulosidade, observou-se reduções no NDVI em presença de nuvens (Figura 4). Isto é consequência da ação diferencial dos constituíntes da atmosfera, em especial do vapor dágua, na redução dos fluxos de radiação solar incidente e refletido nas diversas faixas do espectro eletromagnético [1]. Considerando a lei de Planck para um corpo negro a 6000 K, a proporção emitida V/IVP (vermelho/infravermelho próximo) é de 1,45. Ao atravessar a atmosfera, esta proporção pode ser modificada, dependendo das condições de transparência da atmosfera. Para o período experimental e região de estudo, foi verificado redução nesta proporção, o que evidencia uma maior atenuação pelos constituintes atmosféricos em V do que em IVP. Nos dias ensolarados, em média, a proporção V/IVP incidente foi de 1,35. Já para os dias nublados esta proporção foi menor, sendo em média 1,23, e com maior variabilidade entre os dias. Ressalta-se ainda que os valores encontrados para a V/IVP foram bastante inferiores aos 1,86 citado no manual do sensor [11].

Quando analisamos o fluxo de radiação refletido, verifica-se uma inversão neste padrão. As plantas refletem mais intensamente a radiação IVP do que a V, a qual é fortemente absorvida pelos pigmentos e utilizada para, a partir do processo fotossintético, acumular biomassa [1][3].

5. CONCLUSÕES

O NDVI expressa as variações da biomassa da soja ao longo do ciclo. Há uma relação proporcional, em que aumentos e reduções no IAF resultam em respectivos aumentos e reduções no NDVI. Observa-se, entretanto, que a relação não é linear, havendo saturação do NDVI em torno de 0,9 quando o IAF superior a 5.

O NDVI mostra dependência do horário de medição, indicando que a geometria de iluminação é fator de variação do índice. Enquanto a cultura não cobre totalmente o solo, há uma tendência de redução no NDVI nos horários em que a incidência da radiação solar é mais próxima ao zênite, consequência da contribuição do fundo para a reflectância do dossel.

A nebulosidade tende a diminuir os valores de NDVI como consequência da alteração na proporção V/IVP dos fluxos incidente e refletido.

6. REFERÊNCIAS

[1] Jensen, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma prespectiva em recursos terrestres. Tradução Epiphanio, J.C.N. Parênteses, São José dos Campos. 2009.

[2] Monteiro, P.F.C.; Angulo Filho, R.; Xavier, A.C.; Monteiro, R.O.C. Assessing biophysical variable parameters of bean crop with hyperspectral measurements, Scientia Agricola v.69: p.87-94, 2012.

[3] Almeida, T. Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo de solo. Dissertação (PPG-Sensoriamento Remoto UFRGS), 2008.

[4] Melo, R.W.; Fontana, D.D.; Berlato, M.a.; Ducati, J.R. An agrometeorological–spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. International Journal of Remote Sensing, v.29, n.14, p.4013–4028, 2008.

[5] Gleyce K. D. A. Figueiredo, Nathaniel A. Brunsell, Jansle V. Rocha, Rubens A. C. Lamparelli & Michelle C. A. Picoli. Using temporal stability to estimate soya bean yield: a case study in Paraná state, Brazil, International Journal of Remote Sensing, 37:5, 1223-1242, 2016.

[6] Gusso, A.; Arvor, D.; Ducati, J.R. Model for soybean production forecast based on prevailing physical conditions. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, p. 95-103, 2017.

[7] Pinto, D.G, Fontana, D.C.; Dalmago G.A; Fochesatto, E.;Vicari, M.B.; Bremm,C.; Cunha, G.R.;Gouvêa, J.A; Santi, A. Correlations between spectral and biophysical data obtained in canola canopy cultivated in the subtropical region of Brazil. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.52, n.10, p.825-832, 2017.

[8] Ponsoni, F.J.; Shimabukuto, Y.E. Sensoriemanto Remoto no estudo da VegetaçãoEditora Parêntese, São José dos Campos, 127p., 20017.

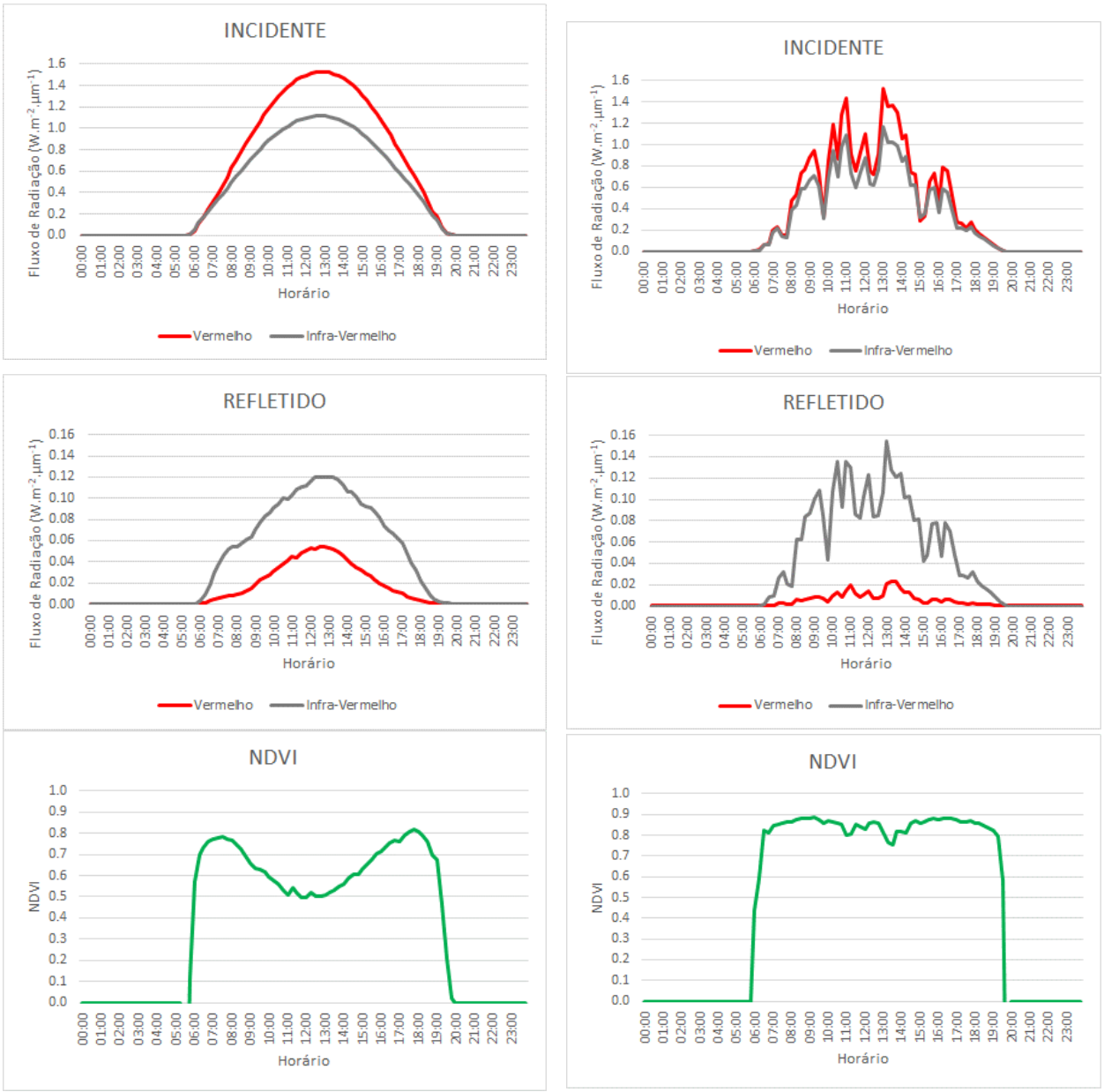


Figura 4. Transcurso diário da radiação solar incidente e refletida no espectro do vermelho e infravermelho e do NDVI em um dia ensolarado (4/01/18) e nublado (12/01/18).

[9] Zanon, A.J.; Silva, M.R.; Tagliapietra, E.L.; Jossana, C.C.; Bexaira, K.P.; Richter, G.l.; Duarte Junior, A.J.; Rocha, T.S.M.; Weber, P.S.; Streck, N.A. Ecofisiologia da Soja visando altas produtividades.136p. 2018.

[10] Thenkabail, P.S.; Mariotto, I.; Gumma, M.K.; Middleton, E.M.; Landis, D.R.; Huemmrich, K.F. Selection of Hyperspectral Narrowbands (HNBs) and Composition of Hyperspectral Two band Vegetation Indices (HVIs) for Biophysical Characterization and Discrimination of Crop Types Using Field Reflectance and Hyperion/EO-1 Data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v.6, n.2, p. 1939-1404, 2013.

[11] Meter Group, Operators Manual. Meter, Pullman WA, USA, 33p., 2018 http://manuals.decagon.com/Manuals/14597_SRS_Web.pdf.