

VARIABILIDADE TEMPORAL DO NDVI E CORRELAÇÃO COM A POPULAÇÃO DE PLANTAS PARA DIFERENTES ESTÁDIOS DA CULTURA DA SOJA

LETÍCIA DE OLIVEIRA CARNEIRO¹, RODRIGO FRANCO DIAS², ÉDER LUIS SARI², GUILHERME DOS SANTOS HAETINGER², EDUARDO LEONEL BOTTEGA³

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, campus de Cachoeira do Sul (UFSM-CS), (51) 980277800, tecnicaleticcia@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Campear Engenharia Agrônômica LTDA, Cachoeira do Sul/RS, (51) 3724 1688, rodrigo@campear.agr.br, eder@campear.agr.br, guilherme@campear.agr.br

³ Doutor em Engenharia Agrícola, UFSM-CS, (51) 3724 8427, bottega.elb@gmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Dentre as oleaginosas cultivadas no mundo, a soja é uma das mais importantes. Neste cenário, tecnologias voltadas ao aprimoramento de seu cultivo são de grande importância. Este trabalho teve por objetivo mapear o NDVI de uma lavoura comercial de soja e quantificar a correlação entre o NDVI e a população de plantas. A área de estudos possui 26,5 ha. O NDVI foi calculado quando a cultura encontrava-se nos estádios V2, V5, V6, R1, R3 e R4. Variações nos valores de NDVI, para a cultura da soja, foram observadas para os mapeamentos realizados a partir do estágio fisiológico R1. Correlação positiva e significativa entre o NDVI e a população de plantas foi obtida quando a cultura encontrava-se no estágio fisiológico R1.

PALAVRAS-CHAVE: normalized difference vegetation index, estande de plantas, *Glycine max*, sensoriamento remoto.

TEMPORAL VARIABILITY OF NDVI AND CORRELATION WITH THE POPULATION OF PLANTS FOR DIFFERENT STADIUMS OF SOY CULTURE

ABSTRACT: Among soybeans grown in the world, soybeans are one of the most important. In this scenario, technologies aimed at the improvement of their cultivation are of great importance. This work aimed to map the NDVI of a commercial soybean crop and to quantify the correlation between the NDVI and the plant population. The study area has 26.5 ha. NDVI was calculated when the culture was in the V2, V5, V6, R1, R3 and R4 stages. Variations in NDVI values for soybean crop were observed for the mappings performed from the physiological stage R1. Positive and significant correlation between the NDVI and the plant population was obtained when the culture was at the physiological stage R1.

KEYWORDS: normalized difference vegetation index, plant stand, *Glycine max*, remote sensing.

INTRODUÇÃO: Para que a cultura da soja atinja seu potencial máximo de produção, é necessário que a planta, além de dispor das melhores condições de solo e clima, sofra o mínimo de competição. Dessa forma, estudos com arranjos que propiciem melhor distribuição de espécimes (variação na população de plantas) na área cultivada são essenciais para aumentar a produtividade da soja (FISS et al., 2018). De acordo com Shiratsuchi (2014) o

sensoriamento remoto permite a obtenção de importantes informações sobre a vegetação no formato de modelos matemáticos e estatísticos conhecidos como índices de vegetação (IV). Os índices de vegetação, expressos em valor numérico, resultam da combinação de dois ou mais comprimentos de onda e permitem a detecção de presença e estado da vegetação em questão (ALMEIDA et al., 2005). Índices de vegetação apresentam boa relação com características fisiológicas e biofísicas da vegetação, como área foliar, fitomassa e produtividade (CRUSIOL et al., 2012). Dentre os principais IV's, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) têm se destacado. Estudos conduzidos por Sobrinho e Alves (2012) encontraram valores de índice de vegetação (NDVI) maiores em áreas de produção de sementes de soja com maiores produtividades, em relação a locais que apresentaram menores produtividades do grão. Este trabalho teve por objetivo mapear o NDVI de uma lavoura comercial de soja, estabelecida sob pivô central, para diferentes estádios fisiológicos da cultura. Buscou-se ainda quantificar a correlação existente entre o NDVI mensurado com a variação na população de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em uma área localizada na região de Cachoeira do Sul/RS, com coordenadas centrais 30°17'19" de latitude Sul e 52°59'57" de longitude Oeste. A área possui aproximadamente 26,5 ha, irrigados por meio de pivô central. A cultura estudada foi a soja. Inicialmente foi produzido um mapa, indicativo da variação na população de plantas que se buscou atingir no momento da semeadura da cultura. Sobre este mapa, foram distribuídos pontos amostrais, utilizados posteriormente para análise de correlação de Pearson com os mapas de NDVI (Figura 1).

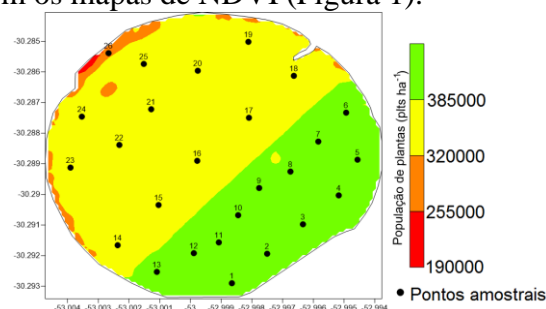


FIGURA 1 - Mapa população de plantas e pontos amostrais utilizados no cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r).

A variação na taxa de semeadura foi obtida utilizando a plataforma *FieldView*TM. Após a realização da semeadura, os dados foram importados para o programa computacional *SMS*TM *Advanced*. A densidade populacional média estabelecida na área foi de 262.483 plantas ha^{-1} . A cultivar semeada foi a Delta[®], da empresa Brasmex[®]. A semeadura da cultura da soja foi realizada em 04 de novembro de 2018. Após o estabelecimento da cultura, iniciou-se o monitoramento do NDVI da lavoura. Os mapas de NDVI foram obtidos a partir de imagens de satélite capturadas pelos sensores do Sentinel-2. As imagens foram obtidas pela plataforma GeoAgro. Essa plataforma fornece diversas datas de captura de imagem, estas que quando selecionadas, são disponibilizadas para *download*. A obtenção das imagens foi realizada no período compreendido entre o dia 19 de novembro de 2018 (15 dias após a semeadura) até o dia 13 de janeiro de 2019, totalizando aproximadamente dois meses de monitoramento da cultura, compreendendo a fase de desenvolvimento vegetativo até a fase de desenvolvimento reprodutivo. Os mapas de NDVI confeccionados foram representativos dos seguintes estádios fisiológicos da cultura: V2, V5, V6, R1, R3 e R4. Sobre os mapas de NDVI foi sobreposto o mapa de pontos amostrais, a fim de obter os valores de NDVI em cada ponto. Os valores de NDVI juntamente com dados de população de plantas de cada ponto, o banco de dados utilizados na análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$). Os mapas de população de plantas e

NDVI foram confeccionados no programa computacional SMS™ *Advanced* e posteriormente editados no programa computacional Surfer, versão 8. A análise de correlação de Pearson foi realizada no programa computacional Statistica, versão 7.

RESULTADOS: Os mapas temáticos representativos do comportamento do NDVI na área de estudo são apresentados na Figura 2. Foram observadas variações nos valores de NDVI a partir do momento em que a cultura atingiu o estágio de desenvolvimento R1. Estes resultados estão de acordo com estudos conduzidos por Ponzoni et al. (2012), onde os autores destacam que o perfil temporal do NDVI pode ser empregado para detectar variações na fenologia das culturas, duração do período de crescimento, pico de verde, modificações fisiológicas das folhas e períodos de senescência. À medida que o verde se intensifica e a cobertura vegetal se amplia o NDVI aumenta (RAMME et al., 2010).

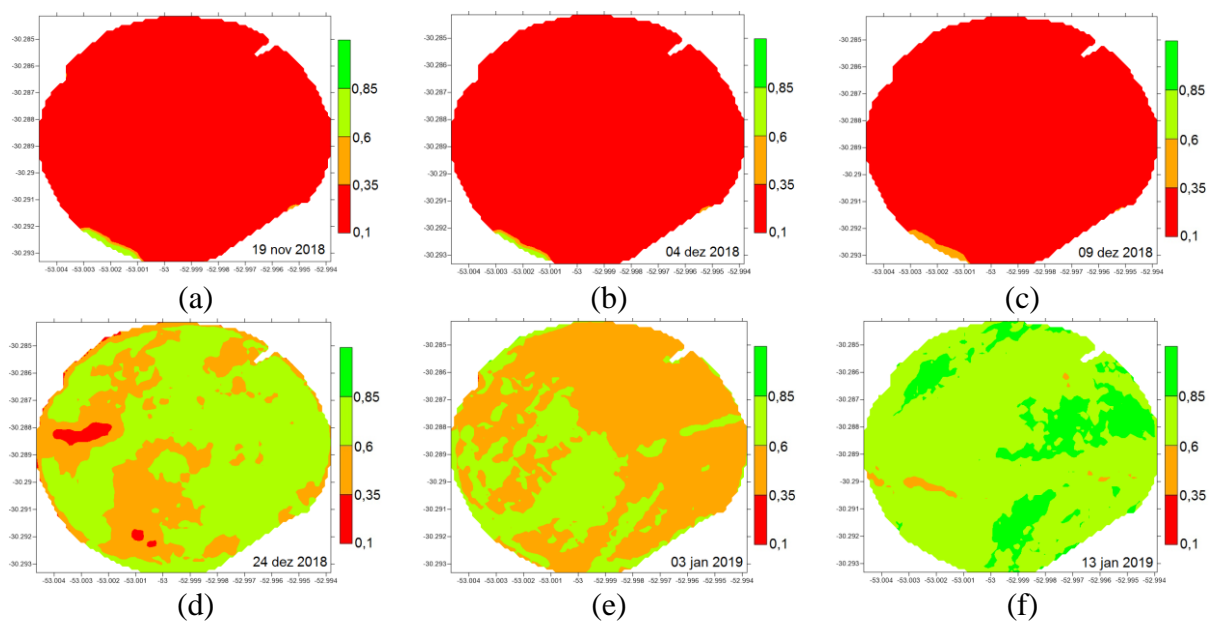


FIGURA 2. Mapas temáticos dos valores de NDVI, após interpolação, obtidos para diferentes estádios fisiológicos da cultura da soja: V2 (a); V5 (b); V6 (c); R1 (d); R2 (e) e R4 (f).

Pode-se observar na Tabela 1 que, na medida em que a cultura avança seu desenvolvimento, os valores de NDVI tendem a aumentar. Valores de NDVI baixos são explicados pela reflectância do solo ainda exposto ou da palhada da cultura anterior, à medida que a planta cresce, o NDVI aumenta, atingindo o seu pico no final do estágio vegetativo ou início da maturação. De acordo com estudos conduzidos por Holtz et al. (2014), ao aumentar a população de plantas, tem-se uma redução no número de dias de fechamento da entrelinha do estande de plantas. Foi observada correlação positiva e significativa ($r = 0,31$) obtida entre o NDVI e a população de plantas, quando a cultura apresentava-se no estágio fisiológico R1 (Tabela 1).

TABELA 1. Estatística descritiva dos valores de NDVI em função dos estádios fenológicos da cultura da soja e correlação de Pearson entre valores de NDVI e população de plantas.

Estimativa do NDVI	DAS ⁽¹⁾	EF ⁽²⁾	Média	Mín.	Máx.	Desvio padrão	Variância	CV (%)	r ⁽³⁾
19/11/2018	15	V2	0,222	0,147	0,80	0,137	0,019	61	0,00
04/12/2018	30	V5	0,221	0,150	0,77	0,177	0,014	52	0,00

09/12/2018	35	V6	0,253	0,197	0,54	0,063	0,004	24	0,00
24/12/2018	50	R1	0,221	0,150	0,77	0,113	0,013	19	0,31*
03/01/2019	60	R3	0,560	0,351	0,79	0,082	0,007	14	-0,28 ^{ns}
13/01/2019	70	R4	0,767	0,435	0,86	0,107	0,011	13	0,00

⁽¹⁾DAS: dias após a semeadura. ⁽²⁾EF: Estádio fisiológico. ⁽³⁾r: Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores de NDVI e População de plantas. ^{ns}não significativo (p>0,05). *significativo á 5% de probabilidade (p<0,05)

O NDVI e a porcentagem de cobertura do solo pelo dossel de cultivares modernas de soja, com tipo de crescimento indeterminado, são mais afetados pelos espaçamentos entre fileiras no início do ciclo de desenvolvimento, mas na fase de enchimento de grãos as diferenças são menores (WERNER et al., 2018). Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que, o NDVI apresenta variação na cultura da soja, a partir do estágio reprodutivo R1, não sendo observado tais variações para estádios anteriores. Na medida em que a cultura avança seu desenvolvimento, o NDVI tende a aumentar seu valor e ser normalizado na lavoura.

CONCLUSÃO: Variações nos valores de NDVI, para a cultura da soja, foram observadas para os mapeamentos realizados a partir do estágio fisiológico R1. Correlação positiva e significativa entre o NDVI e a população de plantas foi obtida quando a cultura encontrava-se no estágio fisiológico R1.

REFERÊNCIAS:

- ALMEIDA, A.Q.; RIBEIRO, A.; DELGADO, R.C.; RODY, Y.P.; OLIVEIRA, A.S.; LEITE, F.P. Índice de Área Foliar de *Eucalyptus* Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. **Floresta e Ambiente**, n.22, v.3, p.368-376, 2015.
- CRUSIOL, L.G.T.; CARVALHO, J.F.C.; SIBALDELLI, R.N.R.; PROCÓPIO, S.O.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; FARIAS, J.R.B. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: *VI Congresso Brasileiro de soja*. Cuiabá, 2012. Resumos. Brasília: Embrapa, 2012. Artigos, p. 82. ISBN 978-85-7035-056-5. Disponível em:<www.cbsoja.com.br/anais/trabalhos/127_s323.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- FISS, G.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; CASTELLANOS, C.I.S.; MENEGHELLO, G.E.; AUMONDE, T.Z. Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-7, 2018.
- HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p.1371-1376, 2014.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. Sensoriamento remoto no estu vegetação. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2012, 164 p.
- RAMME, F.L.P.; LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V. Perfis temporais NDVI MODIS, na cana-soca, de maturação tardia. **Engenharia Agrícola**, v. 30 n. 3, p. 4802-494, 2010.
- SHIRATSUCHI, L.S; BRANDAO, Z.N.; VICENTE, L.E.; VICTORIA, D. de C.; DUCATI, J.R.; OLIVEIRA, R.P.; VILELA, M.F. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. Pag. 3-18. 2014.
- SOBRINHO, J.A.F.; ALVES, M. C. Sensoriamento remoto multiespectral da soja (*Glycinemax*) e sua relação com a produtividade de sementes em Mato Grosso. In: *IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 05, 2012, Recife - PE. Anais. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/016_4.pdf>. Acesso: 23 abr. 2019.
- WERNER, F.; AGUIAR E SILVA, M.A.; FERREIRA, A.S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Dinâmica da cobertura do solo por plantas e NDVI de cultivares de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.2, Abr-Jun. 2018, p. 183-190.