

MAPEAMENTO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA SOJA

LAYS SARTORI¹, EDUARDO L. BOTTEGA^{2*}, ALEXANDRE TEN CATEN², RICARDO H. HARAMOTO¹, JOSÉ L. SAFANELLI¹

¹ Graduando em Agronomia, UFSC, Curitibanos/SC, e-mail: lays_s@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, Professor Auxiliar, UFSC, Curitibanos – SC, eduardo.bottega@ufsc.br, alexandre.ten.caten@ufsc.br

* Autor para correspondência.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: A cultura da soja se destaca pela sua importância econômica no cenário agrícola mundial e com isso houve um aumento significativo do seu cultivo em todo o território brasileiro. Tecnologias voltadas ao incremento da produtividade da cultura e redução tanto dos custos quanto do impacto ambiental causado pelo seu cultivo vêm sendo estudadas, a agricultura de precisão é uma delas. Este estudo foi conduzido no município de Curitibanos – SC, com o objetivo de realizar o mapeamento dos índices de vegetação NDVI e SAVI em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja. Foi utilizado um espectrorradiômetro portátil para mensuração da reflectância do dossel de plantas. Posteriormente os índices de vegetação foram calculados. Empregou-se análise estatística descritiva buscando caracterizar os dados e análise geoestatística no estudo da variabilidade espacial dos índices calculados. Os índices de vegetação apresentaram variabilidade espacial na área de estudo nos diferentes estádios fenológicos da cultura. O mapeamento da variabilidade espacial dos índices de vegetação pode servir de ferramenta no estudo do comportamento da cultura da soja durante seu desenvolvimento, servindo de base para investigações direcionadas no campo de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de vegetação, reflectância, espectrorradiômetro.

MAPPING VEGETATION INDEXES IN DIFFERENT STAGES OF DEVELOPMENT OF SOYBEAN

ABSTRACT: The soybean crop is this for its economic importance in world agricultural scenario and thus there was a significant increase in its cultivation throughout the Brazilian territory. Technologies aimed at increasing crop productivity and reducing both costs as the environmental impact of its cultivation have been studied, precision agriculture is one of them. This study was conducted in the municipality of Curitibanos - SC, with the aim of realizing the mapping of vegetation indices NDVI and SAVI in different growth stages of soybean. A portable spectroradiometer to measure the reflectance of the plant canopy was used. Subsequently vegetation indexes were calculated. Applied descriptive statistical analysis seeking to characterize the data in the study and geostatistical analysis of the spatial variability of the computed indices. The vegetation indexes showed spatial variability in the study area in different growing stages. The mapping of the spatial variability of vegetation indexes can serve as a tool to study the behavior of soybean during development, serving as a basis for targeted investigations in the field of production.

KEYWORDS: Vegetation index, reflectance, spectroradiometer.

INTRODUÇÃO: A cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) destaca-se pela grande importância econômica nacional e pelo crescimento do cultivo nos últimos anos em todo território brasileiro. Na safra 2012/2013, a área cultivada no Brasil foi de 27.721,6 mil hectares, 10,7% superior à cultivada na safra anterior, com uma produção recorde de 81.456,7 milhões de toneladas (Conab, 2014). Diante do exposto, tecnologias voltadas ao incremento da produtividade da cultura e redução tanto dos custos

quanto do impacto ambiental causado pelo seu cultivo vêm sendo estudadas, a agricultura de precisão é uma delas. O emprego de técnicas de agricultura de precisão visa realizar o manejo, principalmente de fertilizantes, com objetivo do correto emprego deste insumo (dose correta no local correto). Para isso, deve-se considerar a variabilidade espacial presente no campo de produção, seja ela de atributos do solo ou de características fisiológicas da cultura. Neste contexto, considerando a planta como sendo o melhor “sensor” avaliativo do ambiente no qual está inserida, o mapeamento de características expressas por ela é chave para realização de intervenções localizadas, garantindo eficiência em seu emprego. A radiação eletromagnética refletida pela cultura está intimamente ligada a fatores fisiológicos desta, tais como estado nutricional, estresse, estágio de desenvolvimento, etc. Uma tecnologia muito utilizada na agricultura de precisão se baseia no conhecimento de como a vegetação processa a radiação eletromagnética, técnica esta realizada por meio do sensoriamento remoto, na qual, mensura-se a radiação eletromagnética refletida pelo alvo estudado. Os valores de reflectância mensurados servem de base para o cálculo dos chamados índices de vegetação. Índices de vegetação, como o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), são amplamente utilizados para o monitoramento fenológico e classificação da vegetação bem como para o estudo dos parâmetros estruturais da vegetação (Rodrigues, 2013). O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento dos índices de vegetação NDVI e SAVI em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no município de Curitibaanos, estado de Santa Catarina, em uma área comercial destinada ao cultivo de soja, cebola e alho, totalizando 13 ha. Foi estabelecida uma malha amostral composta por 50 pontos, georreferenciados, com espaçamento de 50 x 50 metros, que serviram de base para coleta de dados (Figura 1).

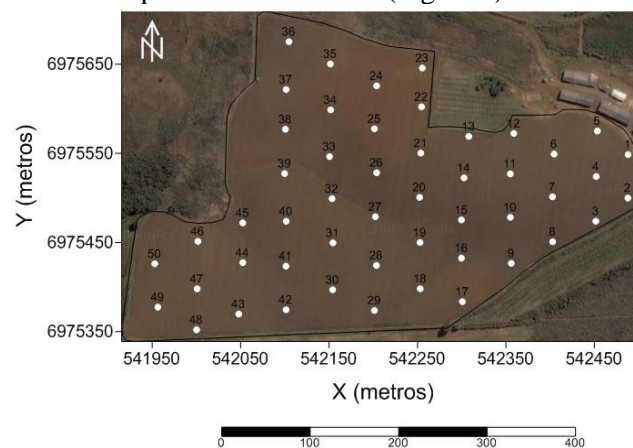


Figura 1. Mapa de localização e espacialização dos pontos amostrais utilizados como referência na coleta de dados. Sistema UTM, zona 22J, datum SIRGAS2000

A cultura estudada foi à soja. Em cada ponto amostral foi mensurado a reflectância da cultura em três estágios fenológicos diferentes: V6, R5 e R5.5. Na mensuração da reflectância da cultura, foi utilizado um espectrorradiômetro, modelo FieldSpec® HandHeld 2TM ASD Inc. que atua no intervalo de comprimento de onda entre 300 e 1100 nm, com a resolução espectral de 1 nm, composto de uma fibra óptica com campo de visão de 25°. Após a mensuração da reflectância da cultura, foram calculados os índices de vegetação NDVI (Rouse et al., 1974) e SAVI (Huete, 1988). Os resultados obtidos para os índices de vegetação e reflectância do solo foram submetidos à análise estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, a fim de caracterizar a distribuição dos dados. A dependência espacial foi avaliada pelos ajustes de variogramas, pressupondo a estacionariedade da hipótese intrínseca. Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Foi ajustado o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR). Após a escolha do modelo, foram determinados os parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance (a). O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado e classificado, segundo proposta de Zimback (2001), assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE < 25\%$, moderada para $25\% \leq IDE \leq 75\%$ e forte para $IDE > 75\%$. Uma vez

detectada a dependência espacial, foi produzido o mapa de variabilidade do atributo. A interpolação dos mapas foi realizada utilizando krigagem ordinária. Para as estimativas de valores em locais não amostrados, foram utilizados 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual ao valor do alcance encontrado no ajuste do variograma. A análise estatística será realizada no programa computacional *Statistica*, versão 7. A análise geoestatística e os modelos dos semivariogramas dos atributos estudados foram ajustados utilizando o programa de computador GS+, versão 9. Os mapas temáticos foram gerados utilizando o programa *Surfer*, versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O índice SAVI, calculado para mensurações da reflectância do dossel da cultura em estágio V6 foi o que apresentou maior coeficiente de variação (9,99). A média, a mediana, os valores de mínimo e máximo e o coeficiente de variação diminuíram quando comparados os estádios V6 e R5, apresentando leve incremento ao se comparar os estádios R5 e R5.5 (Tabela 1). Este comportamento pode ser explicado pelo desenvolvimento da cultura, uma vez que o SAVI é influenciado pela reflectância do solo e o NDVI pela reflectância das estruturas celulares da planta.

TABELA 1. Estatística descritiva dos valores de NDVI, SAVI e RS calculados em função do estágio de desenvolvimento da cultura da soja.

Índices de vegetação	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV(%)
Soja em estágio V6						
NDVI	0,83	0,85	0,65	0,89	0,05	6,09
SAVI	0,71	0,71	0,48	0,82	0,07	9,99
Soja em estágio R5						
NDVI	0,92	0,92	0,86	0,94	0,01	1,28
SAVI	0,85	0,85	0,78	0,90	0,03	2,97
Soja em estágio R5.5						
NDVI	0,89	0,89	0,86	0,91	0,01	1,36
SAVI	0,79	0,79	0,74	0,85	0,03	3,77

Somente o índice NDVI, estimado para a cultura em estágio fenológico V6 não apresentou dependência espacial. (Tabela 2). Com o avanço fenológico da cultura, a dependência espacial do índice SAVI tendeu a se elevar, passando de moderada para forte e o valor do alcance tendeu a diminuir. Comportamento semelhante foi apresentado pelo índice NDVI, exceto para o alcance, que apresentou acréscimo de valor de um estágio para outro. Os valores de alcance podem influenciar na qualidade das estimativas, uma vez que ele determina o número de valores usados na interpolação, assim, estimativas feitas com interpolação por krigagem ordinária utilizando valores de alcances maiores tendem a ser mais confiáveis, apresentando mapas que representem melhor a realidade (Corá et al., 2004)

TABELA 2. Parâmetros geoestatísticos de ajustes dos semivariogramas teóricos à semivariância empírica dos dados.

Índices de vegetação	Modelo	$C_0^{(1)}$	$C_0+C^{(2)}$	$a (m)^{(3)}$	IDE ⁽⁴⁾	$R^{2(5)}$
Soja em estágio V6						
NDVI	EPP ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-
SAVI	Esférico	0,00079	0,00298	124,30	Moderado	0,575
Soja em estágio R5						
NDVI	Exponencial	0,00001	0,00010	60,90	Forte	0,781
SAVI	Esférico	0,00008	0,00069	124,10	Forte	0,713
Soja em estágio R5.5						
NDVI	Esférico	0,000005	0,00016	161,00	Forte	0,573
SAVI	Exponencial	0,00000	0,00080	100,00	Forte	0,884

⁽¹⁾Efeito pepita; ⁽²⁾Patamae; ⁽³⁾Alcance; ⁽⁴⁾Índice de dependência espacial; ⁽⁵⁾Coefficiente de determinação; ⁽⁶⁾Efeito Pepita Puro

Os mapas representativos da variabilidade espacial dos índices estudados estão apresentados na Figura 1. As diferentes classes de valores, marcadas nos mapas por diferentes cores, indicam haver variação das plantas que compõem o estande ao longo do desenvolvimento da cultura, mostrando desuniformidade na área e nos estádios fenológicos estudados, indicando assim a existência de diferença no estande de plantas.

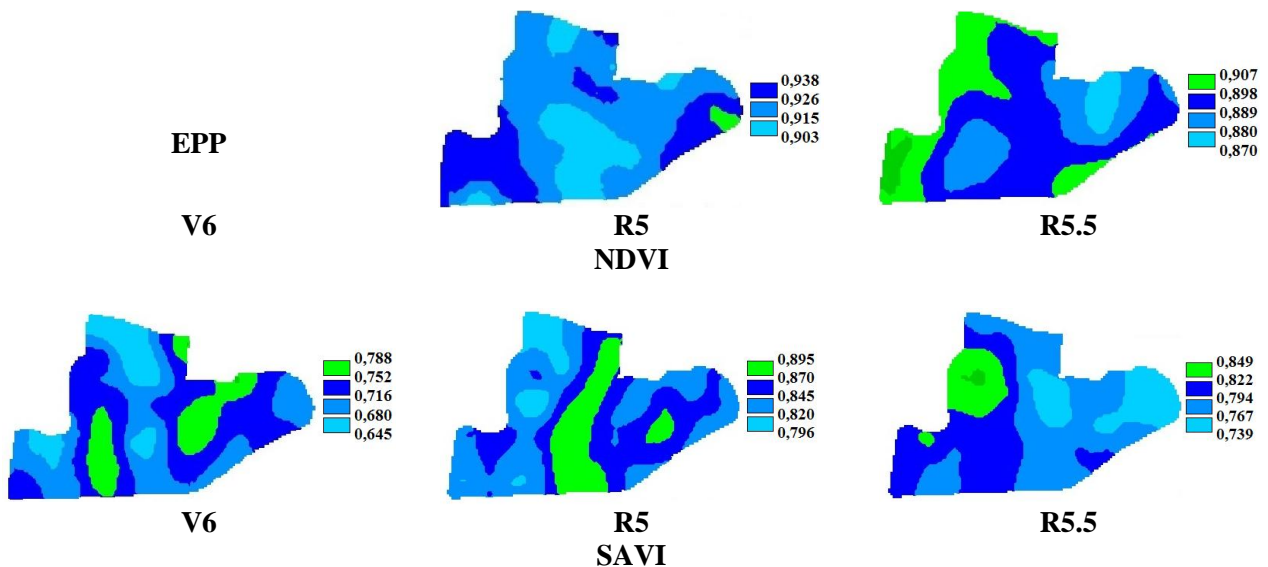


FIGURA 1. Mapas temáticos da distribuição espacial dos índices de vegetação estudados, NDVI (A) e SAVI (B), para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja.

CONCLUSÕES: Os índices de vegetação apresentaram variabilidade espacial na área de estudo nos diferentes estádios fenológicos da cultura. O mapeamento da variabilidade espacial dos índices de vegetação pode servir de ferramenta no estudo do comportamento da cultura da soja durante seu desenvolvimento, servindo de base para investigações direcionadas no campo de produção.

AGRADECIMENTOS: À Fundação AGRISUS pelo financiamento deste estudo e pela concessão de bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2013. Brasília: Conab, 2013. 30p
- CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p. 295–309, 1988.
- RODRIGUES, T. S.; RIBEIRO, S. R. A.; VAZ, M. S. M. G. Avaliação do desempenho de dois Índices de Vegetação (NDVI e SAVI) por meio de Índice de Qualidade de Imagens. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, v. 1, n. 1, p.1-8, abr. 2013.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; HARLAN, J.C. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, **Final Report, Greenbelt, MD**, 371p., 1974.
- ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114 f. **Tese (Livro-Docência) Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista**.