

Discriminação de sistemas de preparo do solo para plantio de soja por meio de EVI-2 aplicados a dados do sensor Worldview-2

Samantha Vanessa Rodrigues Alvarenga^{1,2}
Sandra Furlan Nogueira²
Gustavo Bayma-Silva²
Luiz Eduardo Vicente²
Célia Regina Grego²
Julio César Franchini³

¹ Universidade Estadual de Campinas
R. João Pandiá Calógeras, 51 - 13083-870 - Campinas – SP, Brasil
{samantha.alvarenga@colaborador.embrapa.br}

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/CNPM
Av. Soldado Passarinho, 303. CEP 13070-115- Campinas - SP, Brasil
{gustavo.bayma; sandra.nogueira; luiz.vicente; celia.grego} @embrapa.br

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja
Rodovia Carlos João Strass, s/nº, Distrito de Warta. CEP 86001-970 - Londrina - PR, Brasil
julio.franchini@embrapa.br

Abstract. Aiming to use Enhanced Vegetation Index 2 (EVI2) derived from a WorldView-2 image was assumed as a hypothesis that vegetation indices derived from high spatial resolution images can discriminate soybean under different soil preparation systems. The experimental area, located at Embrapa Soja (Londrina-PR), contains an experimental randomized blocks design with four treatments: (no tillage (PD), conventional tillage (PC), PC+heavy grade (GP) and PC+chisel plow (ESC)) and four replicates of each treatment. EVI-2 values were derived from a WorldView-2 from January 12, 2012, corresponding to flowering period of soybean. Data statistical treatment selected was non-parametric Kruskal-Wallis ANOVA test, as data normality was not observed. Through EVI-2 values analysis was possible to differentiate two systems of soil preparation: no tillage and PC with heavy grade systems. The no tillage system, as conserves soil organic matter increases microbial biomass and activity, and consequently promotes long-term nutrients reservoir. This increases cultivated plants vigor and this explains the high values of observed EVI-2. GP system favors soil movement and exposes soil and organic components to oxidation. Also, compromises stable organic matter compartmentalization and thus presents diminished nutrients reservation and result in lower plants vigor. The PC and ESC systems did not differ among themselves and showed intermediate EVI-2 values compared to PD and GP.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, vegetation index, agriculture, sensoriamento remoto, processamento de imagens, índice de vegetação, agricultura

1. Introdução

Sensores remotos são instrumentos que recebem e captam a energia refletida de diferentes alvos na superfície terrestre e, portanto, servem de auxílio na análise de diferentes paisagens e objetos (Jensen, 2009). Com o rápido desenvolvimento tecnológico, tais sensores têm melhorado a cada nova versão lançada, e atributos como a resolução espacial, temporal e aperfeiçoamento das diversas bandas são exemplos de como as tecnologias deste equipamento vêm melhorando a qualidade das imagens e produtos disponibilizados para o consumidor final.

A resolução espacial de um sensor mostra a capacidade deste em dividir os elementos na superfície terrestre, ou seja, quanto maior a resolução espacial maior será o nível de detalhamento da imagem processada. Exemplo disso é o sensor WorldView-2, lançado em outubro de 2009, que além de ser o primeiro de alta resolução dos satélites comerciais com oito bandas espectrais cobrindo a região do visível ao infravermelho próximo (835-1040 nm –

modo multiespectral), possui a resolução espacial de seus dados pancromáticos em 0,5m x 0,5m e dos multiespectrais de 1,8m a 1,8m (Jensen, 2009). Estas características permitem que análises mais detalhadas sejam realizadas em contextos onde a área avaliada seja diminuta como, por exemplo, áreas de experimentação científica divididas em parcelas.

Em sensoriamento remoto, as análises da vegetação utilizam com frequência o conceito de índice de vegetação (IV). O IV é uma medida radiométrica exploratória das propriedades espectrais vegetativas, sobretudo nas regiões do visível e do infravermelho próximo. Esta região indica propriedades da vegetação analisada como biomassa, clorofila, área foliar e radiação fotossintética absorvida (Jensen, 2009; Ponzoni e Shimabukuro, 2010). Neste trabalho aplicou-se o índice denominado *Enhanced Vegetation Index-2* (EVI-2), índice que abrange melhor a análise de biomassa com influências de solo e atmosfera minimizados (Jiang et al, 2008).

Com a finalidade de utilizar o EVI-2 derivado de uma imagem do sensor WorldView-2 elaborou-se a hipótese de que IV's derivados de imagens de alta resolução espacial podem discriminar a cultura de soja sob diferentes sistemas de preparo do solo para plantio. O objetivo deste trabalho foi, portanto, avaliar a eficácia do EVI-2 na discriminação de diferentes sistemas de preparo do solo para plantio de soja.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na fazenda da Embrapa Soja em Londrina/PR (Figura 1). A área experimental avaliada foi implantada na safra de 1981/1982, possuindo inicialmente 18 parcelas com culturas anuais de grãos, sendo soja no verão e trigo no inverno. O solo da área foi descrito como Latossolo Vermelho distroférrico e o clima classificado como subtropical úmido com uma precipitação média anual de 1651mm (Debiasi et al., 2013). Para o estudo atual, 16 parcelas foram avaliadas através de uma imagem do sensor WorldView-2 do dia 12 de janeiro de 2012. Na data de obtenção dos IV's a cultura da soja estava na fase de floração.



Figura 1. Localização da área de estudo na fazenda da Embrapa Soja e disposição das parcelas experimentais.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições (parcelas) (Figura 2a). Os tratamentos de preparo de solo para plantio

foram: Sistema de plantio direto (PD), Sistema de preparo convencional com uma aração associada a duas gradagens leves (PC), Sistema de preparo convencional com uma gradagem pesada mais uma gradagem leve (GP) e Sistema de preparo reduzido com uma escarificação mais uma gradagem leve (ESC). Cada parcela possuía a dimensão de 8 x 50 m totalizando uma área de 400m². A calagem foi feita em todos os tratamentos a cada quatro anos. Uma semeadora-adubadora tratorizada com sulcadores para semente foram utilizados na semeadura da soja.

2.2 Imagem Worldview-2

A imagem WorldView-2 utilizada refere-se ao dia 12 de janeiro de 2012 (Figura 2b). Essa data foi escolhida devido à cultura de soja apresentar relevante biomassa vegetal (fase de floração). A imagem possui oito bandas espectrais: azul costal (400 a 450nm), azul (450 a 510 nm), verde (510 a 280nm), amarelo (585 a 625nm), vermelha (630 a 690nm), borda vermelha (705 a 745nm), infravermelho próximo (770 a 895nm) e o infravermelho próximo 2 (860 a 1040nm) (DIGITALGLOBE, 2014). A correção atmosférica da imagem foi realizada através de modelo de transferência radiativa (MODTRAN) baseado em parâmetros atmosféricos locais (Gomes et. al., 2013; SCCAM - <http://mapas.cnpm.embrapa.br/labspec/scamm/app.html>).

2.3 Obtenção do índice de vegetação EVI-2

O EVI-2 (Figura 2c) é um índice associado à biomassa e minimiza os efeitos do solo e da atmosfera (Jiang et al., 2008). Diferentemente do EVI, não possui em sua equação a banda azul que vai de 450 a 510nm, pois, por esta cor ser o menor comprimento de onda dentro do visível no espectro eletromagnético sofre uma influência maior das partículas da atmosfera, dificultando a análise final. Contudo, são utilizadas as bandas 8 e 5, infravermelho próximo e vermelha respectivamente, a equação do EVI-2 pode ser descrita como:

$$\text{EVI-2: } 2,5 \times \frac{N-R}{N+2,4R+1} \quad (1)$$

Onde N representa a banda do infravermelho próximo e R a banda vermelha.

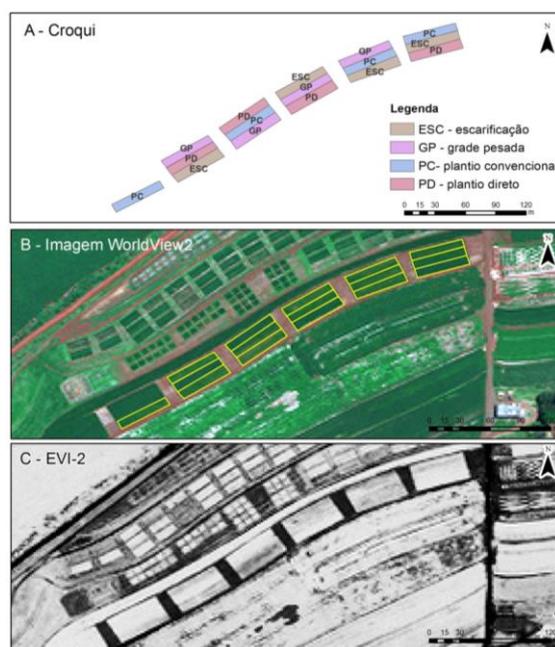


Figura 2. Disposição dos tratamentos na área experimental (a), imagem do sensor WorldView-2, composição R(5) G(3) B(2) (b) e imagem EVI-2 (c).

2.4 Obtenção das amostras nas parcelas experimentais

A execução da análise foi iniciada no *software* ArcGIS com a extração de todos os pixels em cada sistema de produção. Para isso utilizou-se um *buffer* interno de 5m a fim de evitar o efeito de borda em cada parcela e obter um resultado mais fiel possível de cada sistema. A média de pixels obtida em cada parcela foi de 70. Através da ferramenta *band math*, do software ENVI 4.8, gerou-se os valores de EVI-2 necessários para análise.

2.5 Interpretação dos resultados

Com relação ao tratamento estatístico dos dados amostrais, empregou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA (StatSoft, 2014). Este procedimento promove a ordenação dos valores de todos os tratamentos e estabelece a posição (*ranks*) dos valores individuais. Desse modo, as medianas dos tratamentos são adotadas como critério de comparação. Com base nos p-valores do teste Kruskal-Wallis e na soma dos *ranks*, os diferentes tratamentos (sistemas de preparo de solo) foram comparados, com relação ao atributo EVI-2. As comparações foram realizadas para cada tratamento (PD, PC, GP e ESC). O teste Kruskal-Wallis ANOVA foi utilizado porque, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk, não foi observada normalidade dos dados.

Para verificar a possibilidade de discriminar as classes, foi calculada a distância Euclidiana entre as médias de cada conjunto amostral (StatSoft, 2014). A apresentação das distâncias entre as médias dos conjuntos amostrais foi realizada por meio de dendrogramas, utilizando o método de Ward para formar os agrupamentos.

3. Resultados e Discussão

Com relação às comparações realizadas, observou-se que os testes Kruskal-Wallis ANOVA foram significativos (p-valores <0,0001) e que, portanto, todos os tratamentos se apresentaram distintos em relação ao índice EVI-2. Verificou-se também, através das somas dos *ranks*, que o tratamento PD apresentou valores mais elevados e o tratamento GP valores mais baixos (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva e teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA

Tratamentos	No. de amostras	Mediana	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Rankings	
						Soma	Média
Plantio Direto (PD)	294	2,273	2,283	0,065	0,004	274406,5	933,355
Plantio Convencional (PC)	263	2,032	2,013	0,167	0,010	119411,5	454,036
Grade Pesada (GP)	263	1,931	1,890	0,274	0,017	91679,5	348,591
Escarificador (ESC)	306	2,034	2,021	0,212	0,012	149003,5	486,940

A Tabela 2 apresenta a variância entre os sistemas de preparo de solo, confirmando a discriminação dos sistemas PD e GP. Para a melhor visualização comparativa dos resultados optou-se pelo formato Boxplot na Figura 4.

Tabela 2. Valor p ajustado do teste de *rankings* (Kruskal Wallis ANOVA, 95% de confiança) para os sistemas de preparo do solo em relação ao índice EVI-2

EVI-2	PD	PC	GD	ESC
PD		0,00000	0,00000	0,00000
PC	0,00000		0,00120	1,00000
GD	0,00000	0,00120		0,00000
ESC	0,00000	1,00000	0,00000	

Diferenças significativas para $p < 0,05$.

Diferentes sistemas de preparo de solo afetam as características físicas, químicas e biológicas dos solos. Por sua vez, alterações nessas características influenciam a produção de biomassa pelas plantas. De acordo com Debiase et al (2013), em um período de 30 safras, o PD teve a maior produção acumulada de soja em relação aos outros sistemas analisados (Figura 3).

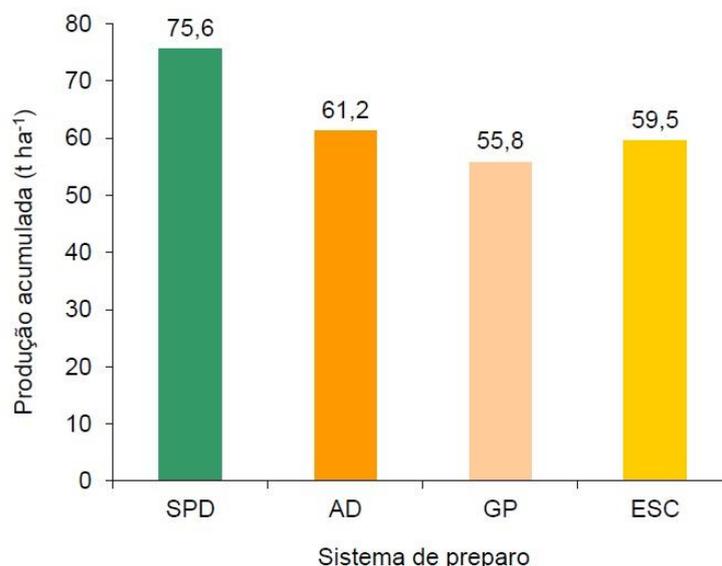


Figura 3. Produção acumulada de sementes de soja durante 30 safras (Fonte: Debiasi, 2013)

Da mesma forma que os resultados de produção diferenciaram o PD dos demais tratamentos, dentro da atual análise, o PD apresenta diferença significativa com relação aos outros tratamentos, tendo um índice de vegetação médio de 2,3, o maior entre todos obtidos (Figura 4).

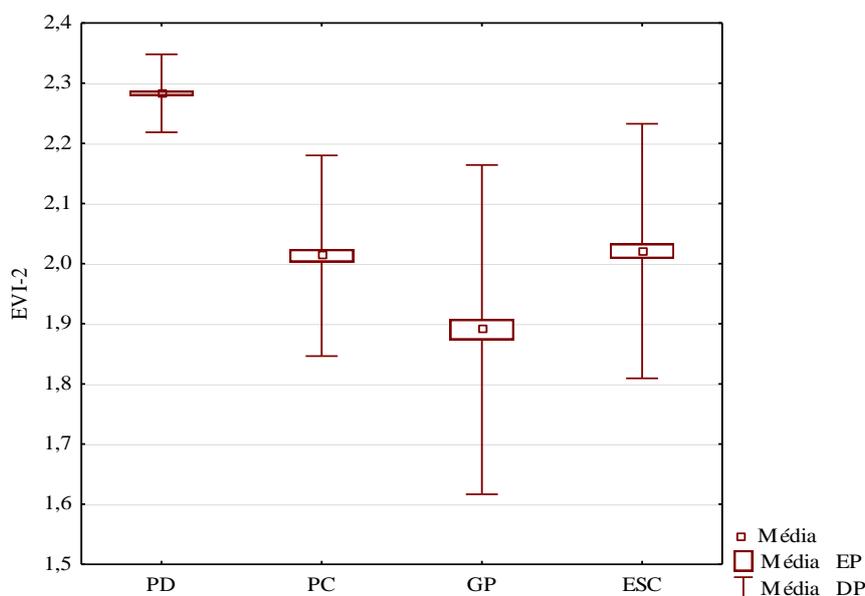


Figura 4. Boxplot com Média, Erro Padrão e Desvio Padrão do índice de vegetação EVI-2 nos diferentes sistemas de preparo do solo.

Desde o início de sua adoção, na década de 70, o plantio direto demonstrou ser o sistema de manejo do solo mais adequado ao clima tropical e subtropical brasileiro devido a suas características favoráveis a conservação de solo e água. Associado a isso, o sistema

contribuiu para a redução dos custos de produção em até 22% devido ao menor uso de máquinas, mão de obra, combustível e equipamentos se comparado aos manejos convencionais. Há também uma diminuição entre o tempo de colheita de uma safra e sementeira de outra, o que é importante no processo de intensificação do uso da terra e para a proteção do solo frente às radiações solares e os processos erosivos conservando mais água, sobretudo a erosão laminar que pode inclusive assorear rios próximos ao cultivo. O sistema também favorece o aumento da matéria orgânica do solo e da biomassa e atividade microbiana (Debiasi, 2013), entre outras vantagens. A técnica consiste na colheita e distribuição dos restos de cultura na superfície do solo, permitindo que estes permaneçam na superfície assegurando cobertura para o solo. Bertol et al. (1997) dizem que se 60% da cobertura for manejada reduz-se em 80% a perda de solo se comparado a outras técnicas que deixam o solo exposto.

O tratamento GP também diferenciou-se consideravelmente dos demais tratamentos, apresentando o menor índice de vegetação médio 1,9 (Figura 4). Neste sistema de preparo, o solo é revolvido duas vezes, a primeira por uma grade pesada equipada com discos de 24 polegadas em uma profundidade média de 12cm, e depois por uma gradagem leve. Esta movimentação do solo, expondo o solo e seus componentes orgânicos à oxidação, compromete a compartimentalização da matéria orgânica estável e com isso apresenta reserva de nutrientes diminuída e menor vigor de plantas.

Os sistemas de preparo PC e ESC, com índices de vegetação médios de 2,0, apresentaram valores intermediários entre o PD e o GP (Figura 4). Esses tratamentos receberam respectivamente revolvimento máximo com arado de discos de 26 polegadas em uma profundidade de 22cm mais duas gradagens leves e revolvimento profundo com escarificador de cinco hastas espaçadas de 35 cm em uma profundidade de 22cm mais uma gradagem leve.

Na Figura 5 é apresentado o dendrograma dos sistemas de preparo do solo, no qual pode-se observar que as menores distâncias foram observadas entre os sistemas PC e o ESC. Estes sistemas apresentam portanto um maior grau de similaridade. De forma contrária, os sistemas PD e GP apresentam um maior grau de dissimilaridade.

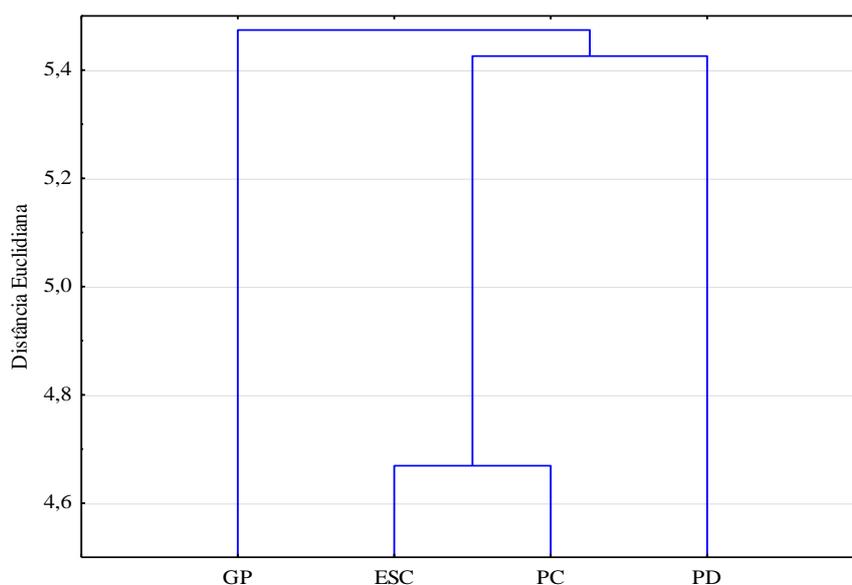


Figura 5. Dendrograma com as distâncias entre os sistemas de preparo do solo (PD) Plantio Direto, Plantio Convencional (PC), Grade Pesada (GD) e Escarificador (ESC).

4. Conclusão

Através de valores de EVI-2, obtidos a partir da imagem WorldView-2, foi possível diferenciar dois sistemas de preparo de solo no cultivo da soja: o Sistema de Plantio direto (PD) e o Sistema preparo convencional com uma gradagem pesada mais uma gradagem leve (GP). Os sistemas PC e ESC não se diferenciaram entre si e apresentaram valores de EVI-2 intermediários a PD e GP.

O uso de sensores multiespectrais de altíssima resolução espacial na agricultura ainda encontra-se em seu início, principalmente em relação à agricultura tropical. Tradicionalmente, tais sensores eram utilizados mais comumente baseados em suas características geométricas através de uso meramente visual. Entretanto, nesse trabalho demonstrou-se a robustez de possibilidades de uso de dados qualitativos (calibrados radiometricamente e corrigidos para os efeitos da atmosfera), de forma que possam ser utilizados em aplicações sistemáticas no mapeamento de precisão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto: “Integração de dados multisensor e espectroscopia de refletância aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical – Agspec” (SEG Embrapa - 02.11.01.019.00.00)

Referências Bibliográficas

Bertol, O.J.; Amado, T.J.C.; Schlosser, J.F.; Reinert D.J. Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadura sob condições de preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 21, p.257-262, 1997.

Debiasi, H.; Franchini, J. C.; Conte, O.; Balbinot Junior, A. A.; Torres, E.; Saraiva, O. F.; Oliveira, M. C. N. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 70 p. (Embrapa Soja. Documentos, 342), 2013.

DIGITALGLOBE Constellation.WorldView-2 Feature Classification. Disponível em:<<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 24.out.2014

Gomes, D.; Vicente, L. E.; Silva, R. F. B.; Paula, S. C.; Maçorano, R. P.; Victoria, D.C.; Batistella, M. Uso de dados MODIS e AIRS para obtenção de parâmetros de correção atmosférica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 8019-8026. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1536.pdf>> . Acesso em: 22 abr. 2014 <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/sistema%20de%20plantio%20direto.pdf>

Jiang, Z.; Huete, A.R.; Didan, K.; Miura, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote sensing of environment**, v. 112, p. 3833-3845, 2008.

Jensen, J.R. Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. Cap. 11, p.357-410.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. A imagem como fonte de dados radiométricos (abordagem quantitativa). In: Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E (Org.). **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2010. cap. 3, p.67-99.

SCCAM. Sistema de Calibração Radiométrica e Correção Atmosférica Multisensor. Disponível em <<http://mapas.cnpm.embrapa.br/labspec/scamm/app.html>>. Acesso em: 01 nov 2014

StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.