

ANÁLISE ESPACIAL ENTRE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E TEXTURA DO SOLO UTILIZANDO COMPONENTES PRINCIPAIS E GEOESTATÍSTICA

Grego¹, C. R., Vicente², L. E., Albuquerque³, J., Fernandes⁴, T. T., Franchini⁵, J. C.

¹ Pesquisadora Doutora da Embrapa Monitoramento por Satélite, celia.grego@embrapa.br

² Pesquisador Doutor da Embrapa Monitoramento por Satélite, luiz.vicente@embrapa.br

³ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUC/Campinas, juliana.albuquerque@colaborador.embrapa.br

⁴ Doutoranda em Estatística, ESALQ/USP, tfernandes1@gmail.com

⁵ DPesquisador Doutor da Embrapa Soja, julio.franchini@embrapa.br

Resumo - A análise de componentes principais (ACP) conjuntamente com a geoestatística permite reduzir a escolha das variáveis envolvidas que possuem representatividade no mapeamento dos atributos do solo e das culturas. O objetivo deste trabalho foi realizar conjuntamente a ACP e a geoestatística para representar espacialmente a relação entre o índice de vegetação obtido pela imagem de satélite e a textura do solo na Fazenda Experimental da Embrapa Soja em Londrina, PR. Na fazenda experimental com predomínio de Latossolo Vermelho distroférrico, foram determinadas a areia, silte e argila em g kg^{-1} na profundidade de 0-20 cm e o índice de vegetação EVI2 obtido da imagem de satélite que contém um fator de ajuste para solos. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e ACP e posteriormente foi realizada a análise geoestatística. Foi verificada a existência de alta correlação com o EVI2 no componente principal 2 para silte e argila. Estas duas variáveis foram utilizadas na análise geoestatística e foi detectada a variabilidade espacial e a relação entre os mapas de silte, argila e EVI2.

Palavras-chave: soja; variabilidade espacial; EVI2.

SPATIAL ANALYSIS BETWEEN VEGETATION INDEX AND TEXTURE OF SOIL USING PRINCIPAL COMPONENTS AND GEOSTATISTICS

Abstract - Principal component analysis (PCA) in conjunction with geostatistics allow to reduce the choice of variables involved that have representation in soil properties and crop mapping. The objective of this study was to use ACP and geostatistics together, to spatially represent the relationship between vegetation index, obtained by satellite image, and soil texture at Embrapa Soja Experimental Farm in Londrina, PR. At the experimental farm, with Oxisol predominance, were determined sand, silt and clay in g.kg^{-1} , at 0-20 cm depth and EVI2 vegetation index obtained from satellite image which contains a soil adjustment factor. The data were submitted to descriptive statistical analysis and ACP, being the geostatistical analysis performed later. Was verified a higher correlation with the EVI2 on main component 2 for silt and clay. These two variables were used in geostatistical analysis, being detected spatial variability and the relationship between silt, clay and EVI2 maps.

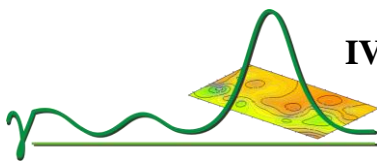
Key words: soybean; spatial variability, EVI2.

Introdução

Um melhor detalhamento e precisão no mapeamento do uso e cobertura do solo tem sido obtido com a análise dos dados de Índices de vegetação associados a outros dados ambientais.

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é o índice de vegetação mais utilizado quando se estuda a vegetação. Entretanto, sua eficiência diminui quando se possui grande quantidade de biomassa na superfície em decorrência da saturação. Para reduzir a influência do solo e da atmosfera sobre a resposta da vegetação se utiliza o EVI (Enhanced Vegetation Index) que é um NDVI com um fator de ajuste para solos e coeficientes que descrevem o uso da banda azul para correção da banda vermelha quanto ao espalhamento atmosférico por aerossóis (JENSEN, 2009). Contudo, a banda azul pode não estar presente em sensores que não operam nesta região, neste caso, o EVI2 pode ser utilizado pois não utiliza a banda azul. Alguns fatores de solo, como a textura, podem estar associados espacialmente ao índice de vegetação.

A análise geoestatística é uma ferramenta usualmente utilizada para determinar a variabilidade espacial do solo (VIEIRA, 2000) e recentemente, tem sido utilizada em associação às ferramentas de análise multivariada, como a análise de componentes principais (ACP), o que auxilia na descrição e interpretação de conjuntos de variáveis, reduz a dimensão dos dados facilitando a interpretação espacial entre o solo e demais variáveis associadas à vegetação.



A análise conjunta da geoestatística e ACP contribui na interpretação de parâmetros de solo, com a finalidade de reduzir as variáveis envolvidas e confeccionar mapas de aplicação diferenciada de insumos (BUENO, 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar conjuntamente a ACP e a análise geoestatística para melhorar a interpretação dos dados de textura de solo em relação ao índice de vegetação EVI2 na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina PR.

Material e Métodos

A área experimental pertence a Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR (23° 12' S, 51°11' W, e 585 m de altitude), com predomínio de Latossolo Vermelho distroférrico. O clima da região é subtropical úmido (Cfa, conforme a classificação de Köppen). A fazenda é explorada com culturas anuais de grãos (soja no verão e trigo no inverno). As amostras foram coletadas em pontos georreferenciados no mês de novembro de 2012. A Figura 1 mostra a imagem de satélite e a grade de amostragem da área estudada.

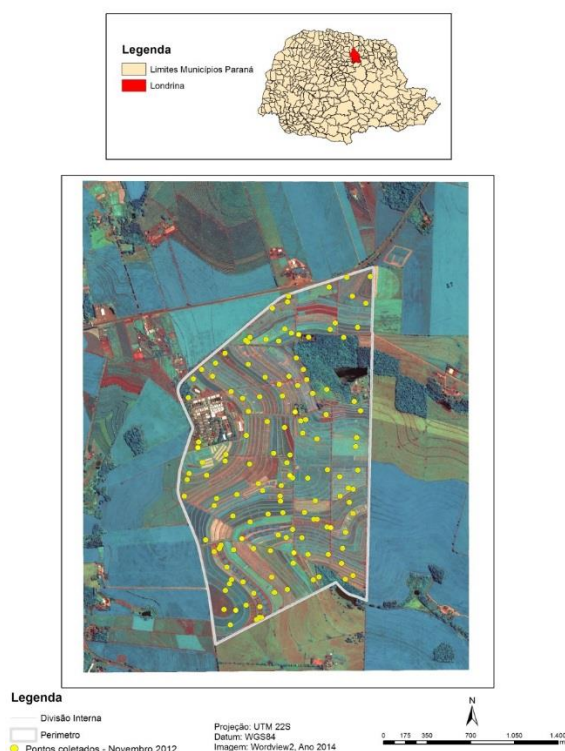


Figura 1: Área de amostragem, imagem WorldView-2, 2014 referente a fazenda Experimental da Embrapa Soja, PR e 130 pontos georreferenciados de amostragem de solo.

Foi realizada uma amostragem de solo para a obtenção dos teores de areia, silte e argila em g kg^{-1} na profundidade de 0-20 cm.

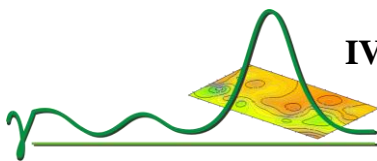
Para a obtenção do Índice de vegetação EVI2 foi realizado o processamento na imagem de satélite da figura 1 seguindo a metodologia de Jiang et al. (2008) onde desenvolveram o índice de vegetação baseado no EVI, denominado EVI2, em que não utiliza a banda azul, cuja equação é apresentada pela equação 1.

$$\text{EVI2} = 2,5 [(N-R) / (N + 2,4R+1)] \quad (1)$$

onde: N, R são as reflectâncias de superfície medidas na faixa do infravermelho próximo e do vermelho, respectivamente. O processamento foi realizado nos softwares ENVI e ArGis.

Primeiramente foi realizada a estatística descritiva dos dados para identificar dados discrepantes e a normalidade.

A análise de componentes principais foi aplicada com o objetivo de identificar as variáveis de solo de maior peso na combinação linear das componentes principais mais importantes, possibilitando assim, a seleção dessas variáveis para a interpretação da correlação com o EVI2. A partir dos resultados obtidos foram escolhidas as variáveis que possuíram correlação maior que 0,75 com os componentes principais. A ACP foi realizada no software R (R. DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).



Foi realizada análise de dependência espacial das variáveis de textura derivadas da ACP e da variável EVI2 por meio da geoestatística considerando a pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca para o cálculo do semivariograma estimado na equação (2):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

em que: $N(h)$ é o número de pares dos valores medidos $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$, separados por uma distância h . Segundo Vieira (2000), as observações vizinhas são mais parecidas entre si do que aquelas separadas por distâncias maiores, isto é, aumentando $\hat{\gamma}(h)$ com uma distância h até algum valor máximo, em que se estabiliza em um patamar que corresponde à distância limite de dependência espacial, que é o alcance. As medições que se localizam a uma distância maior que o alcance tem distribuição aleatória, esta é uma razão de que as observações sejam independentes.

Analisando a dependência espacial pelo semivariograma foram ajustados às funções de melhor correlação.

Com o semivariograma verifica-se a existência do padrão espacial, ou seja, se as observações vizinhas são semelhantes há possibilidade de estimar valores para qualquer local, onde a variável não foi medida. Para isso usa-se a krigagem, que segundo Vieira (2000) tem como definição estimar valores com condições de estimativa sem tendenciosidade e com desvios mínimos em relação às observações conhecidas. A partir dos valores estimados constrói-se mapas de isolinhas em função das coordenadas geográficas. O programa utilizado para análise geoestatística foi o GEOEST (Vieira et al 2002) e os mapas foram elaborados no Arc Gis 10.0.

Resultados e Discussão

Na tabela 1 são verificados os resultados da estatística descritiva para os dados analisados. Na média o solo possui maior quantidade de argila, o que era de se esperar devido a classe predominante ser Latossolo Vermelho distroférrico. Os coeficientes de variação (CV) foram de baixos a médios segundo a classificação de Gomes (2000).

Tabela 1. Estatística descritiva para Areia (gkg^{-1}), Silte (gkg^{-1}), Argila (gkg^{-1}) e EVI2.

Estatística descritiva	Areia (gkg^{-1})	Silte (gkg^{-1})	Argila (gkg^{-1})	EVI2
Média	53,39	257,88	688,68	0,12
Desvio padrão	14,92	32,98	33,41	0,02
Variância	222,61	1087,40	1116,34	0,001
Coefficiente de Variação	27,94	12,79	4,85	15,60
Mínimo	18,00	194,00	577,00	0,08
Máximo	126,00	368,00	754,00	0,17
Curtose	3,37	0,47	1,23	-0,05
Assimetria	1,02	0,44	-0,64	0,06

De acordo com os valores de assimetria e curtose distantes de zero, observou-se que a variável areia não seguiu a distribuição normal. Foi necessária a transformação dos dados por meio da aplicação da família de transformação Box-Cox (Box; Cox, 1964).

Para análise da interação entre as variáveis a ACP foi utilizada como técnica de análise multivariada para a identificação das maiores fontes de variação no conjunto de dados observados, ou seja, verificou-se quais variáveis tiveram maior peso na variabilidade do solo e que, assim, poderiam explicar a variabilidade do Índice de Vegetação. A ACP foi aplicada nos 130 pontos de amostragem de cada uma das variáveis de solo e o EVI2 não entrou nesta análise, pois se quer conhecer as fontes de variação no solo que respondam a causa de variabilidade do índice de vegetação.

A tabela 2 apresenta as correlações entre as variáveis originais e os 5 componentes principais. Estas correlações indicam quais variáveis mais influenciaram o modelo da variância dos dados. O primeiro componente principal sempre explica a maior porção de variação desse conjunto original de dados. A análise de componentes principais da Tabela 2, permite inferir que o componente principal 2 está fortemente correlacionado com silte (0,8318) e argila (-0,8884).

Pode-se dizer, portanto, que esse componente reflete a textura do solo, ou seja, as diferenças entre as 130 amostras de solo são inerentes a estes dois parâmetros e se correlaciona positivamente com o silte e negativamente com a argila.

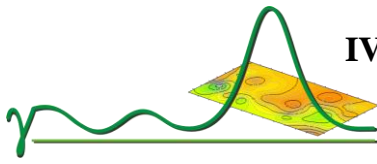


Tabela 2. Correlações entre os cinco componentes principais e os atributos do solo Areia (gkg⁻¹), Silte (gkg⁻¹), Argila (gkg⁻¹).

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Areia (gkg ⁻¹)	0,2120	0,1520	0,3880	-0,6160	0,5310
Silte (gkg ⁻¹)	0,1324	0,8318	-0,4573	0,0643	-0,2715
Argila (gkg ⁻¹)	-0,2273	-0,8884	0,2772	0,2087	0,0316

Após a análise de ACP foi realizada a análise geoestatística através da construção e ajuste de semivariogramas das variáveis que apresentaram dependência espacial (Tabela 3) e elaboração dos mapas após krigagem ordinária. Os mapas (Figura 2) mostram que existe uma semelhança entre as manchas de argila e EVI2, principalmente na parte central da fazenda onde coincidem manchas de valores intermediários (de cor laranja). Também observa-se ao longo do lado direito da fazenda, manchas de menores baixos de argila e EVI2.

Tabela 3. Parâmetros de ajuste dos semivariogramas (Efeito Pepita, variância estrutural e alcance) ajustados pelo modelo esférico e seus respectivos coeficientes de correlação.

Variável	Efeito Pepita (Co)	Variância Estrutural (C1)	Alcance (a)	Coefficiente de Correlação (r ²)
Silte (gkg ⁻¹)	200	800	350	0,23
Argila (gkg ⁻¹)	100	1100	300	0,15
EVI2	0,000156	0,000231	300	0,0013

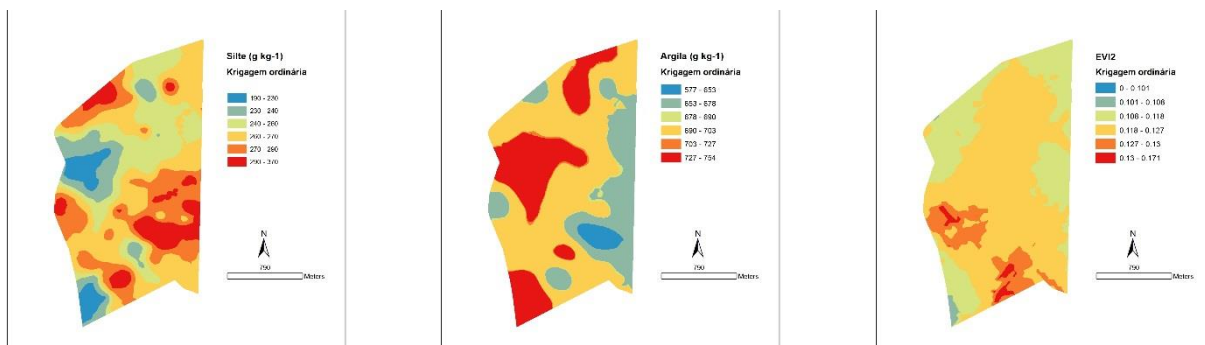


Figura 2. Mapas de isolinhas a partir de dados interpolados por krigagem ordinária para silte, argila e EVI2.

Conclusão

O solo da Fazenda possui predominantemente a textura argilosa.

A análise de componentes principais mostrou ser uma importante ferramenta de auxílio no tratamento geoestatístico para variáveis regionalizadas, o que facilitou a seleção das frações texturais silte e argila, para análise de variabilidade espacial conjuntamente com o índice de vegetação EVI2.

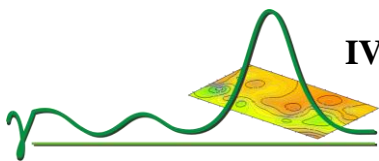
Referências

BUENO, B. F. **Aplicação de técnicas multivariadas em mapeamento e interpretação de parâmetros do solo.** 2001. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, 2001.

BOX G.E.P; COX D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

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, n. 10, p. 3833-3845, 2008.



IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias

14 e 15 de Maio de 2015

Botucatu, São Paulo

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: Austria, 2011. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 out. 2014.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 1-53, 2000.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (eds) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 1-45. 2002.