

SENSORIAMENTO REMOTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO: USO DE IMAGENS RAPIDEYE EM LAVOURA CAFEIEIRA

JOÃO LUIZ JACINTHO¹, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ², STHÉFANY AIRANE DOS SANTOS³, AMANDA PEREIRA ASSIS GOMES⁴, PATRICIA FERREIRA PONCIANO FERRAZ⁵

¹ Aluno de pós-graduação, UFRRJ (Rodovia BR 465 - Km 7 - Campus Universitário - Zona Rural, Seropédica - RJ)

² Professor adjunto, UFLA (Campus Universitário - Caixa Postal 3037 - CEP 37200-00 - Lavras - MG)

³ Aluna de graduação, UFLA (Campus Universitário - Caixa Postal 3037 - CEP 37200-00 - Lavras - MG)

⁴ Aluna de graduação, UFLA (Campus Universitário - Caixa Postal 3037 - CEP 37200-00 - Lavras - MG)

⁵ Professor adjunta, UFLA (Campus Universitário - Caixa Postal 3037 - CEP 37200-00 - Lavras - MG)

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Agricultura de precisão é um conceito relativamente novo de gestão agrícola e pode ser considerado como uma das dez maiores revoluções da agricultura. Técnicas de sensoriamento aplicadas à agricultura podem oferecer vantagens na aquisição de dados e desenvolvimento de mapas. Estudos observam a importância nas bandas do vermelho e infravermelho próximo na monitorização de plantas e classificação da vegetação. A variabilidade espacial de atributos de cultura tem sido estudada por vários autores, no entanto, são poucos os estudos aplicados a cafeicultura. Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espacial da produção de café (*Coffea arabica L.*) utilizando geoestatística e dados de sensoriamento remoto, em uma área da fazenda Brejão localizada em Três Pontas – MG. O mapeamento variável foi baseado em krigagem ordinária e interpolação. A krigagem foi utilizada na confecção de mapas, com intuito de observar a variabilidade espacial da produtividade. Imagens do sensor MSI do satélite RapidEye foram corrigidas e convertidas para valores de reflectância e mapas de índice de vegetação foram desenvolvidos. A análise visual entre os mapas não mostram correspondência entre características dos índices vegetação e na produtividade. No entanto, a metodologia e os mapas gerados provou ser de grande valor para os cafeicultores.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Vegetação, Processamento Digital de Imagem, Operações Sobre Imagem.

REMOTE SENSING IN PRECISION AGRICULTURE: RAPIDEYE IMAGING ON COFFEE CROP

ABSTRACT: Precision agriculture is a relative new concept of agriculture management and can be considered one of top ten revolutions of agriculture. Remote sensing techniques applied to agriculture can offer advantages on data acquiring and map developing. Studies observed the importance of red and near infrared bands in plants monitoring and vegetation classification. The spatial variability of crop attributes had been studied by many authors, thus, there are few studies applied to coffee production. This work aimed to analyze spatial variability of coffee (*Coffea arabica L.*) yield using geostatistic and remote sensing data, in Brejão farm located on Três Pontas – MG. Variable mapping were based on interpolation by ordinary kriging. Kriging were used to produce yield map in order to observe its spatial variability. Images of MSI sensor of RapidEye satellite were corrected and converted to reflectance values and it was created vegetation index maps. Visual analysis among maps do not show correspondence of vegetation index and yield characteristics. Thus, the methodology and generated maps proved to be very useful to coffee producers.

KEYWORDS: Vegetation Index, Digital Image Processing, Image Operations

INTRODUÇÃO: Durante várias décadas o café foi o principal motor da economia nacional, e até mesmo na atualidade é um grande responsável nos dados da balança comercial do país. Devido sua

grande importância, a adoção de técnicas que possibilitem o melhor gerenciamento das operações agrícolas, ganha um grande destaque.

A Agricultura de Precisão consiste em um conjunto de tecnologias e componentes que possibilita a tomada de decisões certas, nos locais corretos, no melhor tempo e da melhor forma (Pierce e Nowak, 1999). Ferraz et al. (2012) atentam que a AP é capaz de auxiliar na identificação de estratégias de manejo que podem ser adotadas a fim de aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura para avaliar os efeitos da agricultura.

Nas últimas décadas, diversos estudos demonstraram que o SR, em particular o SR hiperespectral, é uma das opções mais indicadas para conduzir pesquisas agrícolas, pois é capaz de produzir dados contínuos de refletância.

O sensor RapidEye possui cinco bandas do visível até o infravermelho próximo, incluindo informações espectrais adicionais da banda *red-edge* no intervalo de onda de 690-730 nm (RapidEyeAG, 2012). Os resultados iniciais baseados em dados deste sensor são promissores na classificação de vegetação, estresse vegetal e monitoramento de pragas (Schuster et al., 2012).

De acordo com Antunes et al. (2012), índices de vegetação são transformações entre bandas espectrais, que tem sido amplamente utilizados na avaliação e no monitoramento de vegetação.

Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espacial da produção de café (*Coffea arabica L.*) utilizando geoestatística e dados de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no município de Três Pontas – MG, em uma área de 22 ha de lavoura de cafeeiro (*Coffea arabica L.*) da cultivar Topázio, de espaçamento 3,8m entre linhas e 0,8m entre plantas, totalizando 3289 plantas.ha⁻¹. As coordenadas médias da área são de 21°25'58" de latitude sul e 45°24'51" de longitude oeste de Greenwich. Nesta área foi analisada a variabilidade espacial da produção de café, usando geoestatística e dados de sensoriamento remoto.

A dependência espacial da produtividade foi analisada por meio de ajustes de semivariograma pelo método de minimização do erro dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS – *ordinary leasts quare*) e pelo modelo esférico.

Após o ajuste de semivariograma foi realizada a interpolação dos dados observados por krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da produtividade do café.

A análise geoestatística foi realizada utilizando o sistema computacional estatístico R (R Development Core Team, 2014), utilizando-se a biblioteca geoR (Ribeiro Júnior e Diggle, 2001).

As imagens orbitais foram processadas através do software ERDAS Imagine 2010 e com o intuito de avaliar quais índices de vegetação possuem maior correlação com a produtividade, foram utilizados dois modelos comumente utilizados na identificação de parâmetros de vegetação (Tabela 1).

TABELA 1. Índices espectrais que relacionam as bandas 3 (630-685 nm), 4 (690-730 nm) e 5 (760-850 nm) do sensor MSI do satélite Rapideye

Índice de Vegetação	Equação	Referência
<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	$NDVI = \frac{R_{banda4} - R_{banda3}}{R_{banda4} + R_{banda3}}$	Tucker (1979)
<i>Normalized Difference Red-edge Index</i> (NDRE)	$NDRE = \frac{R_{banda5} - R_{banda3}}{R_{banda5} + R_{banda3}}$	Barnes et al. (2000)

As imagens geradas a partir dos algoritmos dos índices de vegetação foram importadas no software de cartografia temática para a confecção dos mapas. Após a importação das imagens, foram criados layouts com escala e grid para melhorar a visualização das informações pelos usuários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando a Tabela 2, é possível observar que a variável estudada apresentou coeficiente de variação (C.V.) superior a 10%, indicando a variabilidade, pois segundo Gomes e Garcia (2002), C.V. inferior a 10% indica homogeneidade, e segundo Frogbrook et al. (2002), os valores elevados de C.V. podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados.

TABELA 2. Estatística descritiva para a variável produtividade (litros.planta⁻¹)

Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	Var	C.V.	k	Assimetria
1,400	7,450	4,267	4,365	1,42	2,01	33,2%	-0,50	0,15

Mín – valor mínimo da variável; Máx – Valor máximo da variável; DP – Desvio-Padrão; Var – Variância; C.V. - Coeficiente de variação; k- Coeficiente de Curtose

Os coeficientes de Assimetria e Curtose são utilizados para se observar a distribuição estatística das variáveis (Mapa e Kumaragamage, 1996) e ambos devem ser próximos de zero.

Ao se analisar os valores mínimos e máximos assim como a média, é possível perceber que existe grande variação nos dados. Contudo, apenas o conhecimento dessa amplitude é insuficiente para identificar os locais onde se encontram os maiores teores e os locais onde se encontram os menores teores de uma determinada variável. Dessa forma, torna-se necessário utilizar ferramentas geoestatísticas, que possibilitem identificar a variabilidade espacial dos dados, bem como para se confeccionar mapas que possibilitem o gerenciamento preciso das intervenções necessárias.

Foram estimados valores de produtividade, pela krigagem ordinária, tendo como base a dependência espacial dos modelos de semivariogramas e posteriormente foram construídos mapas de distribuição espacial da produtividade de café (Figura 1a), que permitiram visualizar a variabilidade espacial na área. Ao se comparar visualmente os mapas de NDVI e NDRE (Figura 1b e 1c) com o mapa de distribuição espacial de produtividade na lavoura de café (Figura 1a), não há semelhanças suficientes para afirmar que os índices abordados sejam capazes de estimar a produtividade para essa cultura.

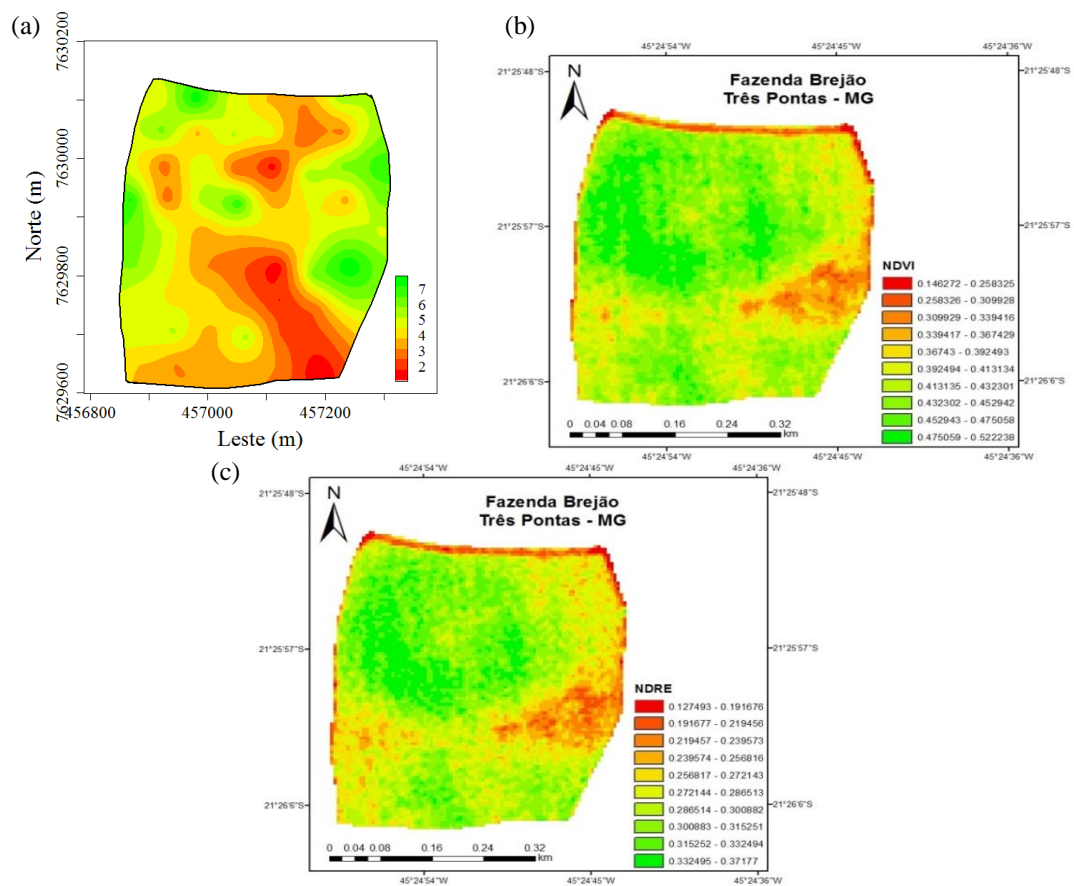


FIGURA 1. Mapas (a) de distribuição espacial de produtividade em lavoura de café, (b) de NDVI e (c) de NDRE em lavoura de café.

Uma explicação plausível para essa dissimilaridade é a morfologia das plantas de cafeeiro e sua distribuição ao longo da lavoura, onde existe um espaçamento considerável entre plantas e consequentemente grande exposição de solo, que por sua vez influencia diretamente os valores de NDVI e NDRE.

CONCLUSÕES: Os semivariogramas permitiram a caracterização da magnitude da variabilidade espacial da clorofila. A interpolação por krigagem permitiu a confecção de mapas onde observou a variabilidade espacial da produtividade de café.

As imagens de Sensoriamento Remoto, processadas e convertidas em mapas de índices de vegetação, não foram capazes de apresentar similaridade com a produtividade na lavoura de cafeeiro, contudo são importantes ferramentas nas quais os produtores podem utilizar para conhecer as propriedades químicas de suas lavouras.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a CAPES, a FAPEMIG, o CNPq, o PGEAAmb e a UFRRJ pelo apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, M.A.H., Gleriani, J.M., Debiassi, P., Atmospheric effect on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. **Anais: IGARSS-2012 - IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium**, Munich – Germany, p. 6549-6552, 2012b.
- BARNES, E. M.; CLARKE, T. R.; RICHARDS, S. E.; COLAIZZI, P. D.; HABERLAND, J.; KOSTRZEWSKI, M.; WALLER, P.; CHOI, C.; RILEY, E.; THOMPSON, T.; LASCANO, R. J.; LI, H.; MORAN, M. S. **Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data**. Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, Bloomington, MN, USA, 16–19 Julho. 2000.
- PIERCE, F.J.; Nowak, P. Aspects of Precision Agriculture. **Advances in Agronomy**. 1999. v.67, p.1-86.
- FERRAZ, G. A. S.; Silva, F. M.; Carvalho, L. C. C.; Alves, M. C.; Franco, B. C. Variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira. **Engenharia Agrícola**. 2012. v.32, n.1, p.140-150.
- FROGBROOK, Z.L.; Oliver, M.A.; Salahi, M.; Ellis, R.H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**. 2002. v.18, n.1, p.1-9.
- GOMES, F.P.; Garcia, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 305 p.
- MAPA, R.B.; Kumaragamage, D. Variability of soil properties in a tropical Alfisol used for shifting cultivation. **Soil Technology**. 1996. v.9, p.187-197.
- R Development Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 29 jun. 2014.
- RAPIDEYE AG. **Satellite imagery product specifications**. Disponível em: <www.rapideye.net/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2014.
- RIBEIRO, P. J.; Diggle, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**. 2001. v.1, n.2, p.14-18.
- SCHUSTER, C.; Förster, M.; Kleinschmit, B. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multi-spectral satellite data. **International Journal of Remote Sensing**. 2012. v. 33, p. 5583–5599.
- TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**. 1979. v. 8, p. 127-150.