

## VARIBILIDADE ESPACIAL DE ALGUNS FATORES DE PRODUÇÃO EM LAVOURA CACAUEIRA NA AMAZÔNIA

RONILSON DE SOUZA SANTOS<sup>1</sup>, LUIZ FELIPE MARTENEX MORAIS<sup>2</sup>, ELYGLEICI HINES PORPINO SANTOS<sup>3</sup>, MURILO BATTISTUZZI MARTINS<sup>4</sup>, KLEBER PEREIRA LANÇAS<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor da Fac. de Engenharia Agrônômica/ Universidade Federal do Pará - Campus de Altamira/ Discente de doutorando do PPG em Agronomia: Energia na Agricultura; Rua Plácido Rodrigues Venéguas, 680, Botucatu-SP, e-mail: rssantos@ufpa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Analista Ambiental do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia-IPAM em Altamira - PA;

<sup>3</sup>Discente de Graduação em Ciências Biológicas da UFPA/Altamira;

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Discente de Pós Graduação da FCA/UNESP-Botucatu/SP

<sup>5</sup>Engenheiro Mecânico, Prof. do Depto. de Engenharia Rural- FCA/UNESP-Botucatu/SP

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de cacau. Por outro lado, é uma das commodities agrícola que menos incorpora tecnologias nos fatores de produção. Portanto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a variabilidade espacial da produtividade de uma lavoura de cacau e relacioná-los com alguns indicadores de qualidade física do solo, utilizando os princípios da geoestatística. O experimento foi conduzido em 3,2 ha, em uma área de produção de cacau, localizada no município Altamira-PA, sob coordenadas -03° 10' 01,52" e -52° 16'43,40". A área experimental foi georreferenciada com receptor de sinal de GPS, seguido de vetorização do perímetro e divisão da área em 50 grades amostrais de 25x25 metros, que representou 69 plantas, nas quais foram colhidos os frutos para determinação da produtividade. No centro de cada grade foram coletadas amostras de solo não deformadas na profundidade de 0-30 cm, visando determinar a densidade do solo, microporosidade e macroporosidade do solo. Os dados foram avaliados com o uso da geoestatística e permitiram detectar a variabilidade espacial da produtividade da cultura, a qual variou em função dos indicadores de qualidade física do solo avaliados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Física do solo, produção de cacau, variabilidade espacial.

## SPATIAL VARIABILITY PRODUCTION SOME FACTORS IN THE AMAZON COCOA FARMING

**ABSTRACT:** Brazil is one of the largest producers of cocoa. On the other hand, is a less agricultural commodities that includes the factors of production technologies. Therefore, the aim of this study was to evaluate the spatial variability of productivity of a cocoa plantation and correlates them with some indicators of soil physical quality, using the principles of geostatistics. The experiment was conducted on 3.2 ha in a cocoa producing area, located in Altamira-PA municipality, under coordinate -03° 10' 01.52 "and -52° 16'43,40". The experimental area was georeferenced GPS signal receiver, followed by vectoring the perimeter of division and sampling at 50 bars of 25x25 m, which accounted for 69 plants in which the fruits were harvested to determine yield. In the center of each grid were collected soil samples not buckle in 0-30 cm, to determine soil density, soil microporosity and macroporosity. The data were evaluated with the use of geostatistics and to identify a spatial variability of crop yield, which varied depending on the physical quality indicators evaluated soil.

**KEYWORDS:** Soil physical, cocoa production, spatial variability.

**INTRODUÇÃO:** O cacauzeiro (*Theobroma cacao*) é uma planta da família Sterculiaceae, gênero *Theobroma*, originária do continente Sul Americano, provavelmente das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, onde foi encontrado, em condições naturais, sob o dossel de grandes árvores da floresta tropical. Ainda hoje, na maioria dos cultivos, principalmente na região de origem, tradicionalmente é cultivado sobre solos com baixa fertilidade e ótimas características físicas. Mas em é necessário buscar praticas agronômicas, capazes de tornar a atividade mais eficiente.

Com o advento dos micro-computadores pessoais e do sistema de posicionamento via satélite, surge uma ferramenta que permite analisar de maneira particular cada unidade de produção, possibilitando assim, tratá-la de acordo com suas reais necessidades, surgindo assim o conceito de Agricultura de Precisão, ferramenta esta que se comporta como um verdadeiro agregador de informações, fundamentais para tomada de decisões mais acertadas no gerenciamento dos fatores de produção no campo.

O conhecimento da variabilidade dos atributos do solo sob diferentes usos e manejos constitui-se numa importante ferramenta para que se possa empregar manejo mais adequado ao mesmo (CAVALCANTE et al., 2007). Portanto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a variabilidade espacial da produtividade de uma lavoura de cacau e relacioná-los com alguns indicadores de qualidade física do solo, utilizando os princípios da geoestatística.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi instalado no município Altamira, em área de produção de cacau comercial, sob as coordenadas -03° 10' 01,52" e -52° 16'43,40" latitude e longitude, respectivamente, O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, textura franco arenosa de relevo plano. O clima do município inserem-se na categoria de equatorial amazônico, tipo Am, da classificação de Koopen, com médias anual de 26°C de 1.680 mm, temperatura e precipitação, respectivamente.

A área experimental constituída de 1,6 hectares teve seu perímetro georreferenciado e vetorizado por meio de aparelho receptor de sinal de GPS de navegação portátil, marca Garmin®, modelo Montana 750.

Os dados foram visualizados no software GPS TrackerMacker Pro- Ver 3.4 e em seguida, exportados no formato shape file- SHP para o software FalkerMap Plus Ver. 1.32, no qual foi materializado 50 grades amostrais com dimensões de 25x25 metros, e no centro de cada uma destas foi materializado um ponto georreferenciado, cuja finalidade foi de representar a respectiva unidade amostral.

Para determinar a produtividade da cultura, foi efetuada a colheita manual no mês de abril de 2013 (período de entressafra), em cada unidade amostral, representada por 69 plantas. As amêndoas coletadas, foram pesadas com balança digital com capacidade de carga de 150 kg e precisão de 0,1 kg, Para obtenção da produtividade em Kg.ha<sup>-1</sup>, em cada parcela as amêndoas úmidas foram pesadas, com a finalidade de converter este em peso seco. Aplicando para tal o fator de conversão de peso descrito por Nogueira (2009).

No centro de cada unidade amostral, foi coletado com o auxilio de trado tipo Uland, uma amostra de solo indeformada, na profundidade de 0-0,30m. A partir destas amostras, utilizando a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Foram determinados os indicadores de qualidade física do solo densidade do solo, macroporosidade e microporosidade.

Aos resultados de produtividade e indicadores de qualidade física do solo foi aplicada a análise geoestatística, utilizando o software GS+ versão 7.0, no qual foi confeccionado e ajustado o variograma. Com o melhor modelo escolhido a partir do maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Para análise da dependência espacial foi calculado o índice de dependência espacial e para a classificação deste, foram adotados os parâmetros definido por Zimback (2003), conforme segue: IDE fraca com valores  $\leq$  a 25%, IDE moderado, com valores entre 25% e 75% e IDE forte, com valores  $>$  que 75%. As variáveis que apresentaram dependência espacial foram submetidas a krigagem. Foram produzidas plantas temáticas das variáveis estudadas, de acordo com metodologia descrita no trabalho de Landim e Sturaro (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 1 contém o resultado da análise geoestatística com os modelos e respectivos ajustes dos variogramas experimentais para as variáveis avaliadas. Com exceção à macroporosidade que obteve efeito pepita puro. Portanto, sem dependência espacial dos dados, as demais variáveis apresentaram de moderada a forte dependência espacial, conforme a classificação de Zimbak (2001), com os melhores ajustes obtidos para densidade do solo, utilizando o modelo esférico, com 0,779 e 0,988, IDE e  $r^2$ , respectivamente.

TABELA 1. Modelos teóricos de variância ajustados aos resultados de produtividade, densidade do solo, macro e microporosidade do solo em área de produção de cacau na Amazônia.

Variável avaliada	Modelo	Alcance (a)	Patamar (Co+ C)	Efeito Pepita (Co)	IDE	$r^2$	SE
Produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Esférico	71.21	0.1819	0.0453	0.751	0.476	0.253
Densidade do solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ )	Esférico	56.60	0.0216	0.0103	0.779	0.988	0.229
Macroporosidade ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	Gaussiano	31.17	-	-	0.433	0.136	0.368
Microporosidade ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )	Esférico	68.70	0.0186	0.0053	0.711	0.459	0.223

IDE = índice de dependência espacial;  $r^2$  = coeficiente de determinação; SE = erro.

A produtividade na área avaliada variou de 22,1 a 63,3  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Figura 1), bem abaixo da média nacional, que é de 300  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , (MANDARINO e GOMES, 2009), mas aceitável por se tratar de uma colheita de safra temporã. Por outro lado, analisando a planta variabilidade espacial de produtividade, permite inferir que, apesar de ser dado igual manejo à área a densidade do solo (Figura 1), que variou de 1,56 a 1,97  $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ , pode está influenciando nas variações de produtividade. Pois a maior parte da área foi acima de 1,75  $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ , valor este que segundo Reichert et al. (2003) para um solo de textura arenosa é condição que pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Logo, refletindo diretamente na produtividade da mesma.

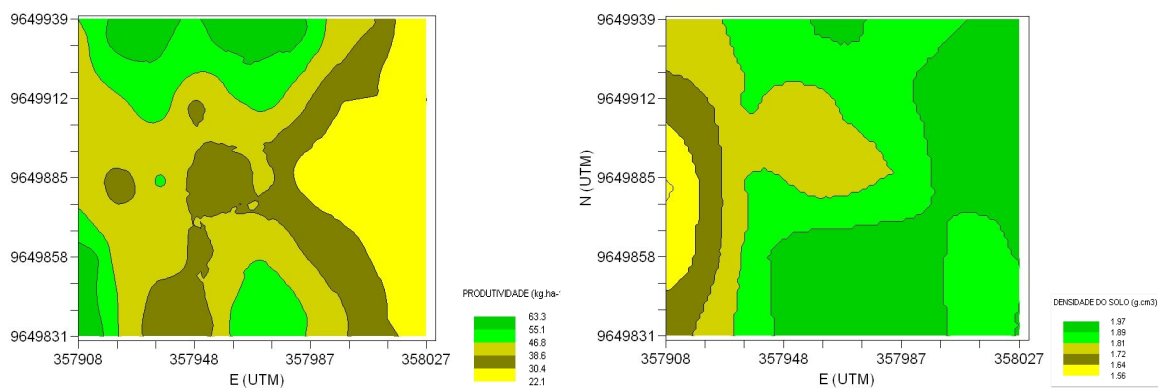


Figura 1 Plantas de variabilidade espacial de produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), densidade do solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ ) em um plantio de cacau comercial.

Relacionado a macroporosidade, houve variabilidade espacial do atributo, com maior ocorrência na área do valor de 0,248  $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$  (Figura 2). Embora o menor valor obtido para este atributo tenha sido de 0,220  $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ , representa de acordo com Baver (1972), citado por Santos (2007), duas vezes o valor mínimo adequado para haja aeração do solo e conseqüentemente o adequado desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Entretanto, havendo baixa relação da mesma com a variabilidade da produtividade da cultura.

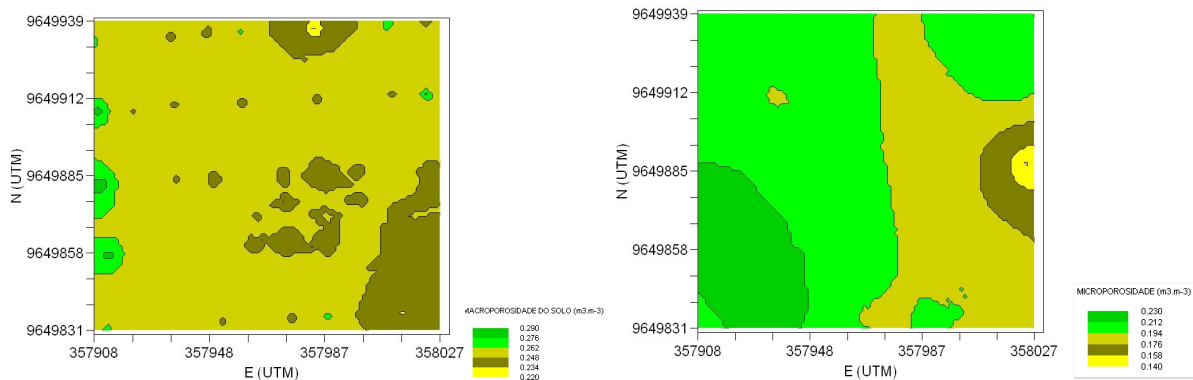


Figura 2 Plantas de variabilidade espacial de micro e macroporosidade do solo ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ) em plantio de cacau comercial.

A microporosidade variou espacialmente com valores entre  $0,140$  a  $0,230 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ . Considerando ser este atributo o responsável pela retenção de água aproveitável pelas plantas, pode-se inferir que a localização espacial com os menores valores deste atributo (Figura 2), também é a mesma localização onde ocorrem produtividades que são  $\leq 30,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Figura 1).

**CONCLUSÕES:** Foi possível com a metodologia e os princípios de geoestatística identificar a variabilidade espacial da produtividade da cultura na área de produção de cacau avaliada; Foi possível relacionar a variabilidade espacial dos indicadores de qualidade física do solo com a variabilidade da produtividade da cultura avaliada.

## REFERÊNCIAS

- BAVER, L. P.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. John Willey and Sons, Inc. N.Y. 1972. 498p.
- CAVALCANTE et al. Variabilidade Espacial de Atributos Químicos do Solo sob Diferentes Usos e Manejos. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 31:1329-1339, 2007.
- EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: 1997, 212p.
- LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Texto Didático 06. Departamento de Geologia Aplicada – IGCE, 2002.
- MANDARINO, E. P.; SENA GOMES, A. R. **Produtividade do cacauzeiro (Theobroma cacao L.) cultivados em blocos monoclonais, no sul da Bahia**, Brasil. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 197. 2009.32p.
- REICHERT, J. M.; et al.. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb.**, 27:29-48, 2003.
- SANTOS, R. de S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e produção de milho e feijão caupí em função de adubação orgânica e química. Belém-PA, 2007. 91 f.: il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. Botucatu, 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e foto pedologia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.
- ZIMBACK, C.R.L. **Geoestatística**. Apostila didática, FCA/UNESP, jun. 2003. 25p.