



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE UNIDADES DE MANEJO EM ÁREA DE SOJA

Lairton Milani¹, Eduardo Godoy de Souza², Miguel Uribe-Opazo³, Gabriel Antonio Filho⁴,
Jerry Adriani Johann⁵, Reginaldo Ferreira Santos⁴

RESUMO: A agricultura de precisão engloba um conjunto de tecnologias que visam o aumento da eficiência baseando-se no manejo diferenciado de áreas agrícolas. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma metodologia para definição de unidades de manejo em função dos atributos físicos do solo e da produtividade da cultura da soja. Utilizaram-se dados amostrais de uma área com 1,74 ha constituída de 128 amostras com manejo químico localizado. Os dados originais de cada variável foram analisados por meio de técnicas de geoestatística e os mapas de contorno gerados por meio de interpolação utilizando as técnicas de krigagem. Os valores dos mapas de contorno de cada variável de cada ano foram padronizados o que possibilitou a comparação dos atributos de diferentes anos e a geração de um mapa da média. Foram determinados os valores do coeficiente de variação para cada variável durante o período analisado sendo classificados como baixo, médio e alto. Com os mapas de contorno da média de cada variável padronizada e o coeficiente de variação foram gerados mapas das unidades de manejo. Os mapas das unidades de manejo revelaram informações importantes para futuras intervenções na área. A metodologia mostrou-se eficiente para identificar regiões com características homogêneas.

PALAVRAS-CHAVE: variabilidade espacial, produtividade, agricultura de precisão.

ABSTRACT: METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF UNITS OF SITE-SPECIFIC MANAGEMENT ZONES IN A SOYBEAN AREA

The precision agriculture encloses a set of technologies that aim to increase of the efficiency on the basis of the differentiated manage of agricultural areas. The objective of this research was to develop a methodology for definition of management zones in function of the physical attributes of the soil and of the productivity of the soybean culture. It had been used collected data in a area with 1,74 ha constituted of 128 parcels with localized chemical management. The original data of each variable had been analyzed by means of geostatistics techniques and the contour maps generated by means of interpolation using the ordinary Kriging technique. The values of the contour maps of each variable of each year were standardized, what made possible the comparison of the attributes of different years and the generation of an averaged map. The values of the coefficient of variation for each variable during the analyzed period was determined and also classified in low, median and high. With the contour map of the average of each standardized variable with and the coefficient of variation maps was generated the maps of management zones. The contour maps of the variation coefficients had revealed efficient in the demonstration of the space and temporal variability of the analyzed variable. The maps of the management zones had revealed important information for future interventions in the area.. The methodology revealed efficient to identify homogeneous regions.

KEYWORDS: spatial variability, productivity, precision agriculture

¹ Engº Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3324 9927, e-mail: milani@unioeste.br;

² Engº Mecânico, Professor Associado, Grupo de Pesquisa GROSAP, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3220 3199, e-mail: godoy@unioeste.br;

³ Estatístico, Professor Adjunto, Grupo de Pesquisa GROSAP, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3220 3199, e-mail: mopazo@unioeste.br;

⁴ Agrônomo, Professor Adjunto, Grupo de Pesquisa GROSAP, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3220 3199

⁵ Engº Agrícola, Professor Assistente, Grupo de Pesquisa GROSAP, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3220 3228, e-mail: jerryvaj@unioeste.br



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

INTRODUÇÃO: A Agricultura de Precisão (AP) surgiu da necessidade em se considerar a variabilidade espacial e temporal existente em uma área de produção agrícola. Segundo QUEIROZ et al., (2000) o objetivo da AP consiste em manusear pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando reduzir o uso de produtos químicos e aumentar a produtividade. Para BORÉM et al., (2000), as primeiras dificuldades da AP consistem na identificação e na separação de cada classe de variabilidade. Uma metodologia foi proposta por SOUZA et al., (1998) para quantificar a variabilidade espacial de atributos do solo e produtividade. Trabalhos desenvolvidos por autores como MERCANTE et al (2003), JOHANN et al., (2004) demonstram a importância e dificuldade em se determinar a variabilidade de atributos do solo. A variabilidade presente no rendimento das culturas em um mesmo talhão pode ser atribuída a fatores como temperatura do solo, temperatura do ar, radiação solar, precipitação, umidade, ventos, nutrientes, profundidade do solo, densidade do solo e presença de plantas daninhas (ACOCK & PACHESKI, 1997). Segundo CAPELLI (2004) a interpretação do mapa de produtividade é imprescindível para a correção dos fatores de produção que persistem ao longo do tempo. Para MOLIN (2002), um dos grandes desafios da AP ainda é oferecer subsídios para definição de unidades de manejo para posteriores intervenções. Pesquisadores como CARVALHO (2001), MOLIN, (2002) e GIMENES & MOLIN (2002) utilizando informações de produtividade definiram unidade de manejo com relativo sucesso. O objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia para definição de unidades de manejo em uma área produtiva com base em mapas de atributos físicos do solo e produtividade da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados amostrais são de uma área experimental da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. (COODETEC), na BR467, Cascavel, Paraná. A área experimental é de 1,74 ha, dividida em 256 parcelas de 7,20 m x 7,20 m, sendo utilizadas nesta pesquisa 128 parcelas com manejo químico localizado (CML). Utilizou-se para este estudo dados amostrais da densidade do solo em (g cm^{-3}) nos anos de 1999 a 2002, da resistência mecânica do solo a penetração (RMSP) em (MPa) na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm nos anos de 1998 a 2001 e da produtividade da soja em (ton ha^{-1}) nos anos de 1998 a 2002. Realizou-se procedimentos para verificar normalidade dos dados e existência de tendências direcionais. Os dados originais foram analisados através das técnicas de geoestatística a fim de identificar e definir a estrutura de variabilidade espacial dos dados. Em seguida foi realizado o ajuste de um modelo teórico ao semivariograma experimental. Para cada ano estudado foi encontrada a variável padronizada (ZV_{ij}) por meio da Equação 1. Os mapas de contorno de cada variável padronizada foram confeccionados utilizando-se uma grade de 76 linhas por 100 colunas (total de 7600 pontos), utilizando a técnica de Krigagem. A variável padronizada (ZV_{ij}) em estudo é dada por:

$$ZV_{ij} = \frac{V_{ij} - \bar{V}_{.j}}{s_{.j}} \quad \text{onde: } j = 1, 2, \dots, t \quad \text{e} \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

em que: ZV_{ij} é a variável em estudo padronizada no ponto i e no ano j ; V_{ij} é a variável em estudo no ponto i e no ano j ; $\bar{V}_{.j}$ é a média da variável em estudo no ano j ; $s_{.j}$ é o desvio padrão da variável em estudo no ano j ; n é o número de pontos; t é o número de anos em estudo.

A partir de dados gerados por krigagem realizou-se a análise de relação linear entre as variáveis utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson. Encontrou-se ainda o coeficiente de variação (CV_i) da variável em cada ponto de localização, para os cinco anos do estudo, através da Equação 2:

$$CV_i = \frac{s_i}{\bar{V}_i} \cdot 100 \quad \text{onde: } i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2)$$



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

em que:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^t (V_{ij} - \bar{V}_j)^2}{t-1}} \quad \text{e} \quad \bar{V}_i = \sum_{j=1}^t \frac{V_{ij}}{t} \quad \text{onde: } i = 1, 2, \dots, n.$$

em que: \bar{V}_i é a média da variável em estudo no ponto i nos t anos de estudo; s_i é o desvio padrão da variável em estudo no ponto i nos t anos de estudo (nesta pesquisa $t = 5$ e $n = 128$). Cada posição estimada da variável em estudo padronizada e o coeficiente de variação foram reclassificados seguindo as classificações apresentadas na Tabela 1 (PIMENTEL GOMES (1987).

Tabela 1. Classificação da variável padronizada (ZV) e do coeficiente de variação (CV)

	Baixa	Média	Alta
Variável Padronizada (ZV)	menor que o 33º percentil	Maior ou igual que o 33º percentil e menor ou igual que o 67º percentil	maior que o 67º percentil
Coefficiente de Variação (CV)	CV < 10%	10% ≤ CV ≤ 30%	CV > 30%

Visando a geração de mapas com as unidades de manejo foi categorizada a produtividade padronizada média e o coeficiente de variação de acordo com o estabelecido na Tabela 1, obtendo-se um mapa com as classes apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de classificação dos mapas de unidades de manejo

Classificação	Classes (Zonas de Manejo)								
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8	Classe 9
Variável Padronizada	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
CV (%)	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 observa-se valores baixos e médios na região central da área com valores altos nos extremos. Na Figura 2 observa-se valores médio na parte superior da área, indicando maior variabilidade temporal da densidade do solo nesta região. Na Figura 3 observa-se as classes 1 (22%), 2 (2,3%), 4 (35%), 5 (3,7%), 7 (26%) e 8 (11%).

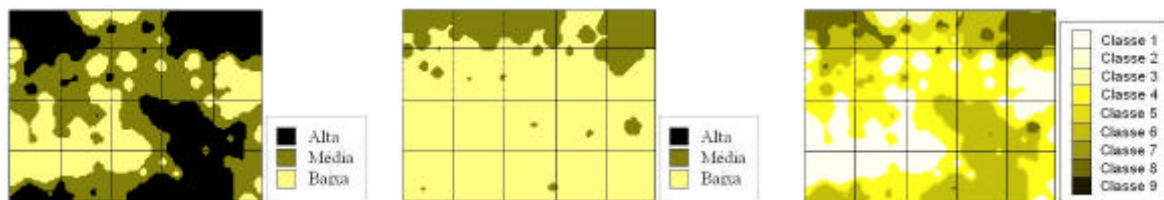


Figura 1. Média da densidade do solo.

Figura 2. Coeficiente de variação.

Figura 3. Unidades de manejo.

Na Figura 4 observa-se valores altos na região inferior da área e valores baixos e médios na região central da área. Na Figura 5 observa-se valores altos na parte inferior direita da área, indicando maior variabilidade temporal da RMSD nesta região. Na Figura 6 observa-se as classes 2 (26%), 3 (7,8%), 5 (29%), 6 (4,3%), 8 (21%) e 9 (13%).



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

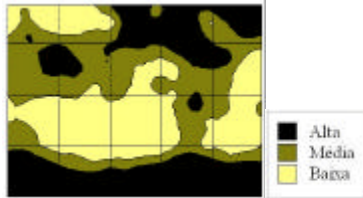


Figura 4. Média da RMSP 0 – 10 cm.

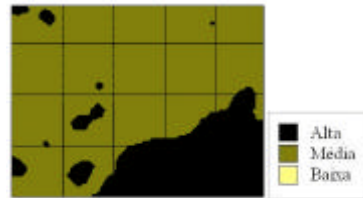


Figura 5. CV (%) da RMSP 0 a 10 cm

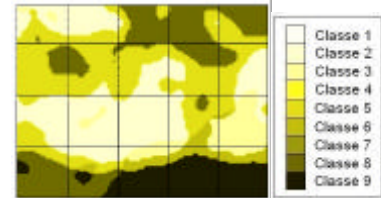


Figura 6. Unidades de manejo RMSP 0-10 cm.

As Figuras 7 e 9 apresentam semelhança com as Figura 4 e 6, resultado este já esperado, por se tratar também de RMSP. Na Figura 8 observa-se predominância de valores médios, indicando diminuição na variabilidade temporal com o aumento da profundidade. Na Figura 9 observa-se as classes 1 (0,03%), 2 (32%), 3 (0,37%), 4 (2,6%), 5 (31%) 7 (0,24%) e 8 (33%).

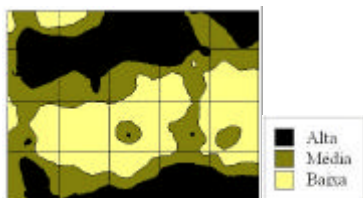


Figura 7. Média da RMSP 10 – 20 cm.



Figura 8. CV (%) da RMSP 10 a 20 cm

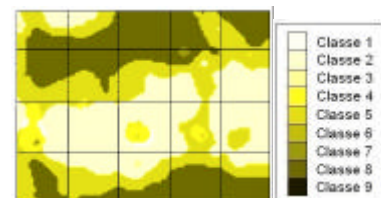


Figura 9. Unidades de manejo RMSP 10-20 cm

Na Figura 10 observa-se valores baixos na região esquerda e valores médios e altos na região central. Na Figura 11 observa-se predominância de valores médios com uma faixa de valores altos na parte esquerda e superior da área, indicando maior variabilidade temporal da produtividade da soja nesta área. Na Figura 12 observa-se as classes 2 (24%), 3 (9,4%), 5 (32%), 6 (2,6%), e 8 (32%). Comparando os mapas das Figuras 3, 6, 9 e 12 pode-se observar que as regiões que apresentaram produtividade alta também abresentaram baixos valores de RMSP, regiões que apresentaram valores altos de RMSP também apresentaram altos valores de densidade do solo e vice-versa. Não foram encontradas correlações consistentes entre a produtividade e os atributos avaliados.



Figura 10. Média da produtividade.

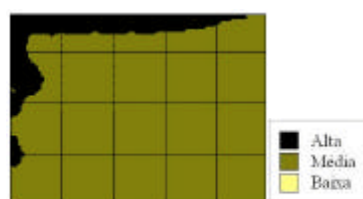


Figura 11. CV (%) da produtividade.

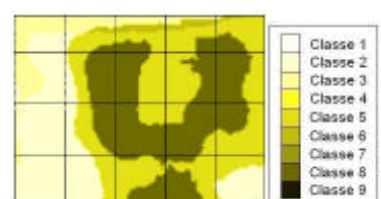


Figura 12. Unidades de manejo produtividade.

Na Tabela 3 observa-se os coeficientes de correlação de Pearson entre a produtividade da soja, densidade do solo e RMSP nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm. A maior correlação encontrada foi entre a RMSP a produtividade da soja no ano 2000.

Tabela 3. Correlação linear entre a produtividade da soja e atributos físicos do solo

Nota: * dados não coletados nos referidos anos

Atributos	Produtividade da soja/ano					
	1998	1999	2000	2001	2002	ZM
Densidade do solo	*	-0,125	-0,415	0,462	0,092	0,065
RMSP 0 a 10 cm	-0,061	0,240	0,648	0,085	*	-0,066
RMSP10 a 20 cm	0,265	0,459	0,742	0,074	*	-0,104



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

CONCLUSÕES: Os mapas de contorno da média das variáveis analisadas, de maneira geral, mostraram-se eficientes na representação do comportamento da variabilidade espacial e temporal. Os mapas de contorno dos coeficientes de variação mostraram-se eficientes na demonstração da variabilidade temporal das variáveis analisadas. A metodologia apresentada que associa a técnica de padronização de dados o coeficiente de variação mostrou-se eficiente na identificação de regiões com características homogêneas. Não se constatou correlação consistente entre as unidades de manejo da produtividade da soja e a densidade do solo e resistência mecânica do solo à penetração. Os resultados da pesquisa demonstraram a grande dificuldade em se correlacionar a produtividade da cultura da soja com atributos físicos do solo.

AGRADECIMENTOS: À Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. (COODETEC) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOCK, B.; PACHEPSKY, Y. Holes in precision farming: mechanistic crop models. In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1997, p.397-404.
- BORÉM, A., GIÚDICE, M.P., QUEIROZ, D.M., MANTOVANI, E.C., FERREIRA, L.R., VALLE, F.X.R., GOMIDE, R.L. Agricultura de precisão. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 1-42.
- CAPELLI, N.L. Agricultura de precisão – Novas tecnologias para o processo produtivo. Disponível em: <<http://www.bases.cnptia.embrapa.br>>. Acessado em maio de 2004.
- CARVALHO, J.R.de P.; VIEIRA, S.R.; MORAN, R.C.C.P. Como avaliar similaridade entre mapas de produtividade. Campinas: Relatório Técnico/Embrapa informática agropecuária 10, 1ª edição, 24p. 2001.
- GIMENEZ, L. M.; MOLIN, J. P. Fertilidade do solo e sua influência no rendimento das culturas – proposta de uma metodologia para definição de unidades de manejo. IN: BALASTREIRE, L. A. Avanços da Agricultura de Precisão no Brasil no período de 1999-2001, Piracicaba, SP, p.50-57, 2002.
- JOHANN, J. A., URIBE-OPAZO, M. A. U., SOUZA, Eduardo G. de SOUZA. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um Latossolo Bruno distrófico da região de Cascavel, PR. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, maio/dez. 2004, vol.8, no.2-3, p.212-219. ISSN 1415-4366.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A., SOUZA, E G. de. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.1149–115. 2003
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. *Engenharia Agrícola, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola*, v.22, n1, p. 83-92. jan. 2002.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1987, 466p. QUEIROZ, D.M., DIAS, G.P., MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. *Agricultura de precisão*. Viçosa, MG, p. 237-57, 2000.
- SOUZA, E. G.; RIBEIRO, S. R. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; VILAS BOAS, M. A.; SILVA, M. S.; JOHANN, J. A.; MOLIN, J. P.; NÓBREGA, L. H. P.; OLIVEIRA, E. F.; CARRARO, I. M. Metodologia para análise da variabilidade espacial dos atributos do solo e da produtividade em uma área piloto de agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Calda - MG. Anais... Poços de Calda - MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, p. 109-111.