

Unidades de manejo a partir de dados de produtividade

Lairton Milani^{1*}, Eduardo Godoy de Souza², Miguel Angel Uribe-Opazo², Antonio Gabriel Filho², Jerry Adriany Johann² e Joaquim Odilon Pereira²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Rua Panorama, 329, 85819-150, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: milani@unioeste.br

RESUMO. A agricultura de precisão é um conjunto de tecnologias que visa o aumento da eficiência com base no manejo diferenciado de áreas agrícolas. Neste contexto, é importante estabelecer metodologias nos quais informações de produtividade, solo ou indicadores compostos possam ser utilizados para a determinação de unidades de manejo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para definição de unidades de manejo em função de mapas de produtividade de cinco safras agrícolas. Foi medida a produtividade da cultura soja, durante os anos de 1998 a 2002, de uma área localizada no município de Cascavel, Estado do Paraná, e utilizando técnicas de geoestatística foram gerados mapas de produtividade. A área amostrada possui 1,74 ha, sendo constituída de 256 parcelas, 128 com manejo químico localizado e 128 sem manejo químico localizado. Na colheita, utilizou-se uma colhedora de parcelas e verificou-se dependência espacial para os sistemas de cultivo, em todos os anos. Os valores pontuais de produtividade de soja de cada ano foram padronizados utilizando-se a técnica denominada escore padrão, em seguida reclassificados em baixo, médio e alto, o que possibilitou a comparação das produtividades de diferentes anos e a geração de um mapa de produtividade média. Com a produtividade padronizada e o coeficiente de variação classificados em baixo, médio e alto foi gerado um mapa com as unidades de manejo. A metodologia mostrou-se eficiente para identificar regiões homogêneas.

Palavras-chave: produtividade, geoestatística, manejo químico.

ABSTRACT. Determination of management zones using yield data. Precision agriculture is a set of technologies that aims the efficiency increase based on the differentiated management of agricultural areas. In this context, it is important to establish methodologies to use the yield information, soil or indicators in the determination of management zones. The aim of this paper was to develop a methodology for the definition of management zones according to yield maps of five growing seasons. The soybean yield was measured from 1998 to 2002, in an area in Cascavel, Paraná State, Brazil. Yield maps were generated using geostatic techniques. The sampled area has 1.74 ha with 256 plots: 128 with site-specific chemical management and 128 without site-specific chemical management. A plot combine was used for harvest. In the experiment the spatial dependence was verified for both planting systems in each year. The punctual values of soybean yield of each year were standardized using the standard score technique. After that, these values were reclassified in low, medium and high, allowing the comparison of productivities in different years and the generation of a yield average map. Management zones were generated according to the standardized yields and also to the coefficient of variation being classified in low, medium and high. The methodology was efficient to identify homogeneous zones.

Key words: productivity, geostatistics, chemical management.

Introdução

A Agricultura de Precisão surgiu da necessidade de se considerar a variabilidade espacial e temporal existente em uma área de produção agrícola, buscando a redução nas quantidades de insumos a serem aplicados e, conseqüentemente, a diminuição de custos e impactos ambientais. O termo Agricultura de Precisão é atribuído a um método de manejo das

culturas que objetiva dar tratamento diferenciado em pequenas áreas, dentro de um mesmo talhão, considerando o potencial produtivo das culturas nessas áreas.

Com a adoção das técnicas e conceitos de agricultura de precisão surgem questões sobre a interpretação do grande volume de informações e de como usá-las como ferramentas que auxiliem na

tomada de decisão, frente à variabilidade espacial existente nas áreas agrícolas brasileiras. Têm-se, por exemplo, dificuldades na interpretação de mapas de produtividade (Carvalho *et al.*, 2001). Como avaliar sua similaridade? Seria somente sua comparação visual ou através de técnicas analíticas?

Johann *et al.* (2004) estudaram a variabilidade espacial da produtividade das culturas de soja e trigo e das propriedades físico-químicas do solo visando a um manejo localizado, durante os anos de 1998 e 1999. A variabilidade encontrada foi representada em mapas de contorno. A produtividade apresentou, de forma geral, um padrão de variabilidade semelhante quanto à disposição na área, sendo a resistência à penetração na camada de 0-10 cm a variável física que melhor se correlacionou com a produtividade.

Pesquisadores como Colvin *et al.* (1997), Sudduth *et al.* (1997), Molin (2002) e Kitchen *et al.* (2003) utilizaram mapas de produtividade para definição de unidades de manejo com relativo sucesso. com a inclusão de outros mapas temáticos, espera-se um aprimoramento na geração de unidades de manejo, como sugerido por Kitchen *et al.* (2003).

O mapa de produtividade é apenas uma etapa de todo o processo que envolve a agricultura de precisão e representa o efeito combinado de diversas fontes de variabilidade espacial e temporal. Uma parte dessa variabilidade pode ser atribuída a fatores que são constantes ou variam lentamente, enquanto outros fatores são transitórios, mudando em sua importância e distribuição espacial e temporal de uma safra para outra (Capelli, 2004).

O método que permite a geração dos mapas detalhados de produtividade exige certa sofisticação para a obtenção dos dados essenciais. Inicialmente assume-se que o mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos. Cada ponto representa uma pequena porção da lavoura (Molin, 2000).

Ao interpretar um mapa de produção com a finalidade de futuro gerenciamento localizado do campo, deve-se levar em conta, principalmente, as causas consistentes de variabilidade, já que para as que não persistem no tempo pode-se ter pouco ou nenhum controle. Aqui aparece uma das primeiras dificuldades que consiste na identificação e na separação de cada uma das classes de variabilidade. Outra dificuldade encontra-se na investigação das causas consistentes. Essas causas só podem ser compreendidas acompanhando-se e analisando-se os possíveis fatores que influenciam na variabilidade durante safras seguidas. Com esta metodologia esperam-se resultados a partir da terceira safra e solução dos problemas possivelmente após a quinta colheita (Queiroz *et al.*, 2000).

A interpretação do mapa de produtividade é imprescindível para a correção dos fatores de

produção que persistem ao longo do tempo, tais como: variação do tipo de solo na área plantada e outros como acidez do solo em locais específicos, deficiência de fertilizantes, ou mesmo, formulação inadequada de N-P-K e locais com falta ou excesso de água (Capelli, 2004).

A comparação de mapas de colheita para diferentes anos é uma etapa muito importante no processo de identificação de unidades de manejo. Um método estatístico usualmente utilizado para avaliar diferenças de médias de duas amostras de dados é o teste de *t* de Student. Entretanto, as condições para que este teste seja apropriadamente aplicado são de que as amostras devem ser independentes e normalmente distribuídas. O problema é que essas condições raramente se aplicam em mapas de produtividade, devido às dependências espacial e temporal das observações (Carvalho *et al.*, 2001). Outra forma de comparação de mapas é através do índice de Kappa (*k*) de concordância (Carvalho *et al.*, 2001). Esse método testa a associação entre mapas e ajuda a entender se os mapas diferem devido a alguma variação causal ou se há uma real concordância. Há também os métodos de classificação cruzada e coeficiente de similaridade (Lorup, 2003). Embora existam diversas maneiras de se tratar o problema de comparação de mapas, a maioria delas depende de condições pré-estabelecidas que normalmente não se verificam para dados temporal e espacialmente dependentes.

O objetivo deste estudo é apresentar uma metodologia para determinação de unidades de manejo levando-se em consideração a produtividade em uma cultura de soja durante cinco anos de cultivo.

Material e métodos

Os dados de produtividade da soja foram coletados em uma área experimental do Centro de Pesquisas Eloy Gomes, da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. (Coodetec), localizada em Cascavel, Estado do Paraná. A área experimental possui uma área total de 1,74 ha, dividida em 256 parcelas de 7,20 m x 7,20 m, com corredor de 2,40 m em uma das direções, sendo 128 parcelas com manejo químico localizado (CML) e 128 parcelas sem manejo químico localizado (SML) (Figura 1). Maiores detalhes pode ser encontrado em Souza *et al.* (1999).

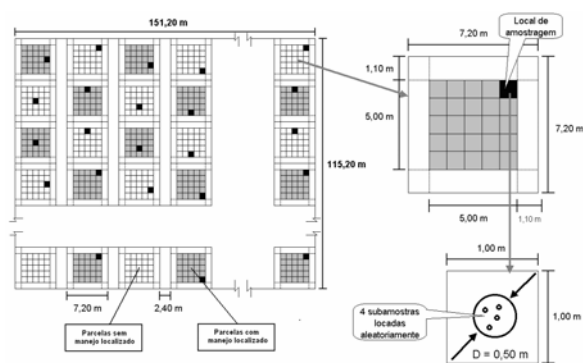


Figura 1. Área de pesquisa, mostrando a amostragem desalinhada sistemática estratificada (Systematic Unaligned Sampling).

A localização do ponto de referência de amostragem em cada parcela foi realizada de forma aleatória, seguindo procedimento denominado de amostragem desalinhada sistemática estratificada (Wollenhaupt e Wolkowski, 1994; Souza *et al.*, 1999). Os pontos de amostragem foram localizados com auxílio de teodolito e trena.

Durante os anos de 1998 a 2002, foram coletados os dados de produtividade da cultura da soja, utilizando-se uma colhedora de parcelas, indicada para colheita de experimentos. Foi adotada uma bordadura de 1,10 m nas parcelas, reduzindo a área útil para 5,0 x 5,0 m ou 25 m². A análise exploratória e geoestatística dos dados de produtividade da soja foram realizadas para os dois métodos de cultivo e nos cinco anos do estudo.

Os parâmetros estatísticos média, mediana, quartis, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose foram determinados a fim de identificar e avaliar se os dados possuíam homogeneidade e normalidade. Os gráficos post-plot também foram construídos a fim de identificar se existem regiões com concentração de valores altos ou baixos dentro da área experimental, ou seja, tendências direcionais dos dados.

Na análise geoestatística, utilizou-se o estimador clássico de Matheron para as variáveis cujos dados apresentaram distribuição normal de probabilidades e o estimador de Cressie e Hawkins para as variáveis cujos dados não apresentaram distribuição normal de probabilidade. Para os dados de cada variável foram realizados os cálculos das semivariâncias em todas as direções, verificando a isotropia dos semivariogramas e, posteriormente, foram ajustados modelos teóricos aos semivariogramas experimentais.

Para cada ano estudado foi encontrada a produtividade padronizada (ZP_{ij}) por meio da Equação 1. Foram confeccionado os mapas de contorno da produtividade padronizada, utilizando-se um grade mais densa de 76 linhas por 100 colunas (total de 7600 pontos), utilizando-se a técnica de Krigagem.

A produtividade padronizada (ZP_{ij}) é dada por:

$$ZP_{ij} = \frac{P_{ij} - \bar{P}_j}{s_j}, \quad i=1,2,..n, \quad j=1,2,..,r \quad (1)$$

em que,

ZP_{ij} : produtividade padronizada no ponto i e no ano j ;

P_{ij} : produtividade de soja no ponto i e no ano j ;

\bar{P}_j : produtividade média de soja no ano j ;

s_j : desvio padrão da produtividade de soja no ano j ;

n : número de dados amostrais;

r : número de anos em estudo.

$$\bar{P}_j = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ij}}{n} \quad (2)$$

Encontrou-se ainda o coeficiente de variação pontual (CV) da produtividade em cada ponto de localização, para os cinco anos do estudo, através de:

$$CV_i = \frac{s_i}{\bar{P}_i} \cdot 100, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (3)$$

em que,

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^r (P_{ij} - \bar{P}_j)^2}{r - 1}} \quad (4)$$

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^r \frac{P_{ij}}{r} \quad (5)$$

\bar{P}_i : produtividade média de soja no ponto i nos cinco anos de estudo ($i=1,2,..,128$; $r=5$);

s_j : desvio padrão produtividade de soja no ponto i nos cinco anos em estudo ($r=5$);

para este estudo $t = 5$ e $n = 128$.

Cada posição estimada da produtividade padronizada e o coeficiente de variação foram reclassificados seguindo as chaves de classificação apresentadas na Tabela 1. As classificações do coeficiente de variação foram adaptadas de Gomes (1987).

Tabela 1. Chave de classificação da produtividade padronizada (ZP) e do coeficiente de variação (CV).

	Baixa	Média	Alta
Variável Padronizada (ZP)	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 (Unidades de Manejo)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Produtividade Padronizada (ZP)	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
CV (%)	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto

Resultados e discussão

Nas estatísticas da Tabela 3, pode-se observar que a variável produtividade da soja com manejo localizado (CML) apresenta coeficiente de variação entre 12 e 24%, considerados médio e alto segundo (Gomes, 1987). A distribuição normal de probabilidade dos dados, segundo o teste de Anderson-Darling, somente foi constatado para o ano de 1998.

Tabela 3. Estatísticas da produtividade de soja com manejo localizado (CML).

Variável (Unidades)	Produtividade da soja (t ha ⁻¹)				
	1998	1999	2000	2001	2002
Nº de amostras	128	127	127	128	127
Mínimo	1,19	0,68	1,65	1,42	0,45
Quartil Inferior (Q1)	2,39	1,74	2,93	2,44	1,57
Mediana	2,75	2,05	3,16	2,66	1,81
Quartil Superior (Q3)	2,99	2,22	3,34	2,86	2,01
Máximo	3,70	2,81	3,72	3,20	2,34
Média	2,70	1,93	3,09	2,60	1,73
Desvio Padrão	0,43	0,44	0,37	0,38	0,40
Variância	0,193	0,19	0,13	0,14	0,16
Coef. de Variação (CV%)	15,9	22,8	12,0	14,6	23,1
Coef. de Assimetria	-0,12	-0,81	-1,20	-1,15	-1,15
Coef. de Curtose	0,212	0,53	2,60	1,27	1,19
p-valor Anderson Darling	0,41*	0,00	0,00	0,00	0,00

*possuem características da distribuição de normalidade segundo o teste de Anderson-Darling ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 4, pode-se observar que a variável produtividade da soja sem manejo localizado apresentou coeficiente de variação entre 13% e 36%, considerados de médio a muito alto, segundo Gomes (1987). A distribuição normal de probabilidade dos dados segundo o teste de Anderson-Darling somente foi constatada para o ano de 1998.

Nos gráficos boxplot, para a variável produtividade da soja com manejo localizado (Figura 2) e sem manejo localizado (Figura 3), pode-se observar em todos os anos dados discrepantes, exceto para o ano 1998 cultivado sem manejo localizado.

Tabela 4. Estatísticas da produtividade de soja Sem Manejo Localizado (SML).

Variável (Unidades)	Produtividade da soja (t ha ⁻¹)				
	1998	1999	2000	2001	2002

Nº de amostras	128	128	128	128	127
Mínimo	1,39	0,40	1,26	1,31	0,19
Quartil Inferior (Q1)	2,42	1,78	2,92	2,54	0,67
Mediana	2,7	1,98	3,14	2,75	0,79
Quartil Superior (Q3)	3,17	2,26	3,33	2,89	0,98
Máximo	4,14	2,93	3,98	3,34	1,86
Média	2,78	1,95	3,09	2,67	0,83
Desvio Padrão	0,53	0,44	0,40	0,36	0,30
Variância	0,28	0,21	0,16	0,13	0,09
Coef. de Variação (CV%)	19,06	22,56	12,94	13,48	36,14
Coef. de Assimetria	0,20	-0,80	-1,43	-1,22	1,02
Coef. de Curtose	-0,11	1,25	4,41	1,89	1,80
p-valor Anderson Darling	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00

*possuem características da distribuição de normalidade segundo o teste de Anderson-Darling ao nível de 5% de significância.

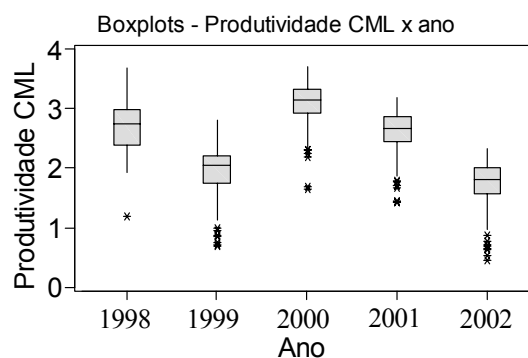


Figura 2. Boxplot produtividade da soja CML (ton ha⁻¹).

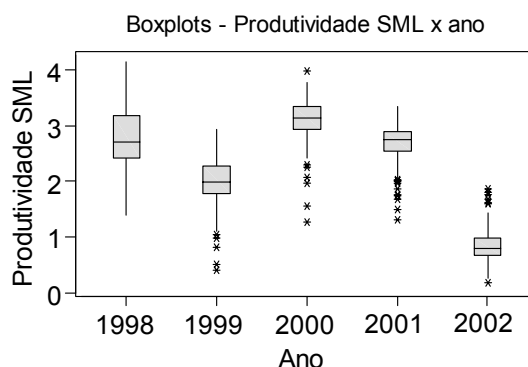


Figura 3. Boxplot produtividade da soja SML (ton ha⁻¹).

A análise descritiva espacial utilizando gráficos post-plot das variáveis em estudo verificou que os dados não possuem tendências direcionais.

Na Tabela 5 são apresentados os modelos e parâmetros ajustados aos semivariogramas individuais das variáveis: produtividade padronizada (ZP), média da produtividade padronizada (ZPM) e do coeficiente de variação (CV) com manejo localizado e sem manejo localizado para os anos de 1998 a 2002.

O grau de dependência espacial segundo a classificação de Cambardella *et al.* (1994) e Souza *et al.*, (1999) apresentou-se como sendo de alta a moderada dependência espacial em todas as variáveis, estando os valores dos coeficientes de efeito pepita

relativo ($E = C_0 / (C_0 + C_1)$) em torno de 17,3% a 60,4%. A variável que apresentou maior alcance (a) foi a produtividade padronizada para o ano de 2000 nas parcelas sem manejo localizado.

Tabela 5. Parâmetros e modelos ajustados aos semivariogramas para a variável produtividade padronizada (ZP), média da produtividade padronizada (ZPM) e do coeficiente de variação (CV) com manejo localizado (CML) e sem manejo localizado (SML) para os anos de 1998 a 2002.

Variável	Modelo	C_0	C_1	(C_1+C_0)	a	E%
ZP CML 1998	Exponencial	0,476	0,608	1,084	73,2	56,1
ZP CML 1999	Exponencial	0,502	0,426	0,928	64,0	45,9
ZP CML 2000	Esférico	0,547	0,331	0,878	91,7	37,7
ZP CML 2001	Esférico	0,574	0,280	0,854	74,3	32,8
ZP CML 2002	Esférico	0,322	0,491	0,813	76,0	60,4
ZPM CML	Exponencial	0,102	0,149	0,251	65,5	59,4
CV CML	Esférico	0,005	0,002	0,007	56,1	28,6
ZP SML 1998	Esférico	0,609	0,371	0,980	72,2	37,9
ZP SML 1999	Exponencial	0,529	0,383	0,912	78,3	42,0
ZP SML 2000	Esférico	0,412	0,383	0,795	90,8	48,2
ZP SML 2001	Exponencial	0,447	0,352	0,799	61,5	44,1
ZP SML 2002	Exponencial	0,622	0,130	0,752	74,1	17,3
ZPM SML	Exponencial	0,153	0,114	0,267	78,3	42,7
CV SML	Ef. pepita puro	0,0045	0	0,0045	0	100

C_0 - efeito pepita; (C_1+C_0) - patamar; a - alcance; $E = (C_0/(C_1+C_0))$ - coeficiente de efeito pepita relativo.

Com base nos parâmetros de ajuste (efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance (a)) e nos modelos ajustados aos semivariogramas individuais, foi possível estimar, por meio de interpolação por krigagem, os valores da produtividade padronizadas nos locais não amostrados e a posterior geração do mapa de contorno para cada variável em estudo.

A partir dos valores pontuais foi calculada a média da produção anual, apresentada na Tabela 6. Os valores mostram valor ligeiramente maior para a média da produtividade no sistema com manejo localizado (2,41 t ha⁻¹) em relação ao sistema sem manejo localizado (2,26 t ha⁻¹). Esse resultado é arduamente buscado por pesquisadores e agricultores que utilizam a agricultura de precisão.

Tabela 6 - Produção estimada (t ha⁻¹).

Sistema/Ano	1998	1999	2000	2001	2002	Média
CML	2,70	1,93	3,09	2,60	1,73	2,41
SML	2,78	1,95	3,09	2,67	0,83	2,26

As Figuras 4 e 5 apresentam os mapas de contorno para a produtividade padronizada com manejo localizado e a produtividade padronizada sem manejo localizado dos anos de 1998 a 2002, classificados de acordo com o estabelecido na Tabela 1.

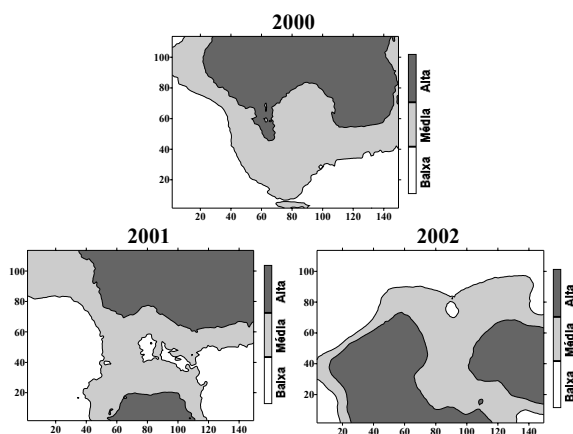
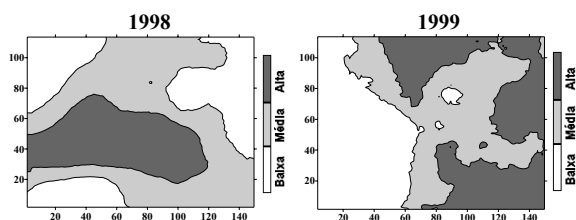


Figura 4. Mapas de contorno da produtividade padronizada da cultura da soja cultivada com manejo localizado de 1998 a 2002.

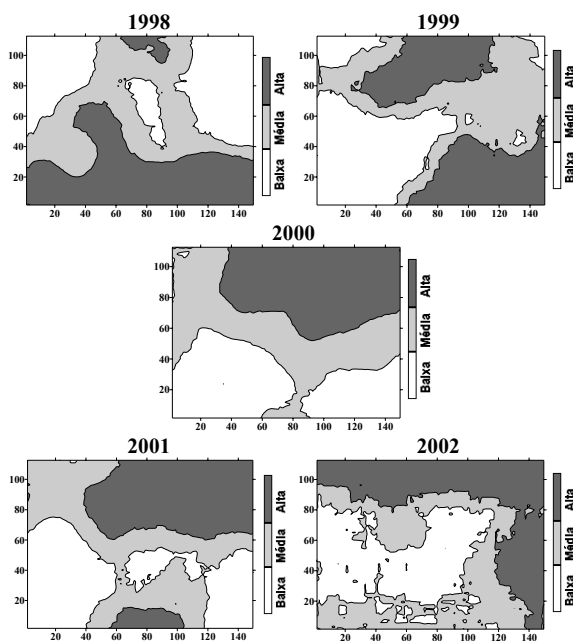


Figura 5. Mapas de contorno da produtividade padronizada da cultura da soja cultivada sem manejo localizado de 1998 a 2002.

Pode-se observar poucas semelhanças entre mapas do mesmo sistema de cultivo em anos consecutivos, com exceção dos anos de 2000 e 2001, tanto com manejo localizado quanto sem manejo localizado. Somente em alguns pontos isolados dos mapas de contorno ocorrem semelhanças ao longo dos cinco anos, porém sem consistência.

Por outro lado, existem semelhanças entre os mapas dos dois sistemas de cultivo para os anos de 1999, 2001 e 2002. Não é possível, entretanto, estabelecer visualmente um padrão de comportamento para os mapas de produtividade padronizada em anos consecutivos, com exceção entre 2000 e 2001.

Os mapas de contorno da Figura 6 apresentam a média da produtividade padronizada para os anos de

1998 a 2002 cultivadas com manejo localizado e sem manejo localizado já classificada em baixa, média e alta, de acordo com o estabelecido na Tabela 1. Esses mapas de contorno apresentam claramente sub-áreas onde predominaram produtividade padronizada baixa, média ou alta ao longo dos anos avaliados. Comparações desse tipo somente podem ser feitas devido aos dados já estarem padronizados. Comparando os mapas de contorno para os dois métodos de cultivos pode-se observar sub-áreas à esquerda do talhão no qual a produtividade padronizada sempre se manteve baixa, podendo ser este um indicativo de uma deficiência qualquer na área, necessitando, neste caso, um estudo mais aprofundado para verificar as reais causas desta baixa produtividade.

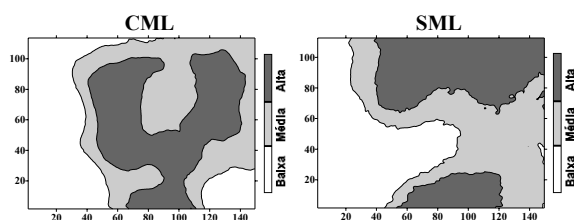


Figura 6. Mapa de contorno da média da produtividade padronizada da cultura da soja nos anos de 1998 a 2002 com manejo localizado e sem manejo localizado.

Os mapas dos coeficientes de variação foram confeccionados para caracterizar a variabilidade dos valores da produtividade da soja cultivada com manejo localizado e cultivada sem manejo localizado para os anos de 1998 a 2002 (Figura 7). Esses mapas de contorno apresentam claramente sub-áreas onde predominaram coeficiente de variação médio ou alto. Analisando os mapas de contorno da Figura 7 pode-se observar menor variabilidade para produtividade da soja cultivada com manejo localizado, sendo este resultado muito apropriado.

Ainda, no mapa de contorno do coeficiente de variação da cultura com manejo localizado, pode-se observar, na parte esquerda e superior, uma sub-área que apresentou coeficiente de variação alto (maior que 30%) e no restante coeficiente de variação médio (entre 10 e 30%).

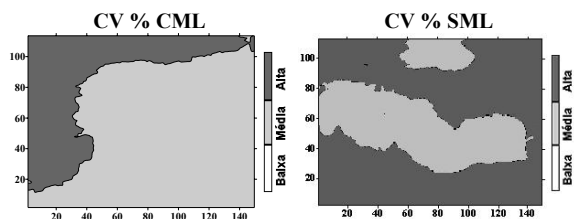


Figura 7. Coeficiente de variação da produtividade para os anos de 1998 a 2002.

Já no mapa de contorno do coeficiente de variação da cultura sem manejo localizado podem-se observar regiões com coeficiente de variação médio e alto, com predominância para coeficiente de variação alto. A partir dos valores pontuais do coeficiente de variação foi calculada a média, obtendo-se 24,5% para a área com manejo localizado e 38,3% para a área cultivada sem manejo localizado, tendo sido menor para o cultivo com manejo localizado, fato este já esperado, visto que em áreas nas quais se tem o manejo de localizado (agricultura de precisão) espera-se diminuição das discrepâncias entre atributos do solo e da produtividade.

Ainda, comparando os mapas de contorno da média da produtividade padronizada cultivada com manejo localizado, da Figura 6, com os mapas de contorno do coeficiente de variação da Figura 7, pode-se observar que à medida que o coeficiente de variação aumenta ocorre um decréscimo nos valores da produtividade padronizada, o que é confirmado no mapa de classificação da Figura 8.

O mapa de contorno da Figura 8 apresenta as unidades de manejo para a área cultivada com soja utilizando manejo localizado, seguindo a classificação da Tabela 2.

Na Figura 8 podem ser identificadas cinco unidades de manejo bem definidas. As classes encontradas foram as classes 8, 6, 5, 3 e 2.

A Tabela 7 apresenta o percentual de área que cada uma das classes (Figura 7). As classes 5 e 8 ocuparam, cada uma, 32% da área caracterizada por coeficiente de variação médio e produtividades padronizadas média e alta. A classe 2 ocupou 24% da área caracterizada produtividade padronizada baixa e coeficiente de variação baixo. As classes 3 e 6 ocuparam 12% da área.

O mapa de contorno da Figura 9 apresenta as unidades de manejo para a área cultivada com soja utilizando cultivo convencional, determinadas a partir da metodologia proposta. Na Figura 9 pode-se identificar sete unidades de manejo. As classes encontradas foram as classes 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 9.

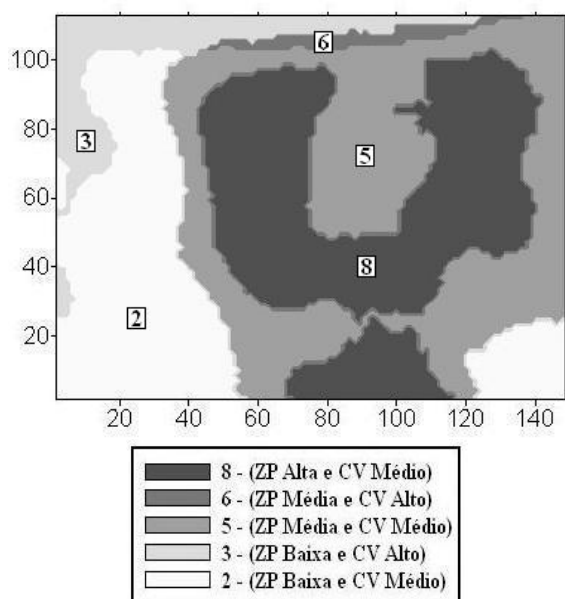


Figura 8. Classificação da área cultivada com manejo localizado conforme a média da produtividade padronizada (ZP) e coeficiente de variação (CV) de acordo com a Tabela 2.

Tabela 7. Percentual de área ocupada por cada classe.

Classificação	Classe 2	Classe 3	Classe 5	Classe 6	Classe 8
% da área ocupada	24%	9,4%	32%	2,6%	32%

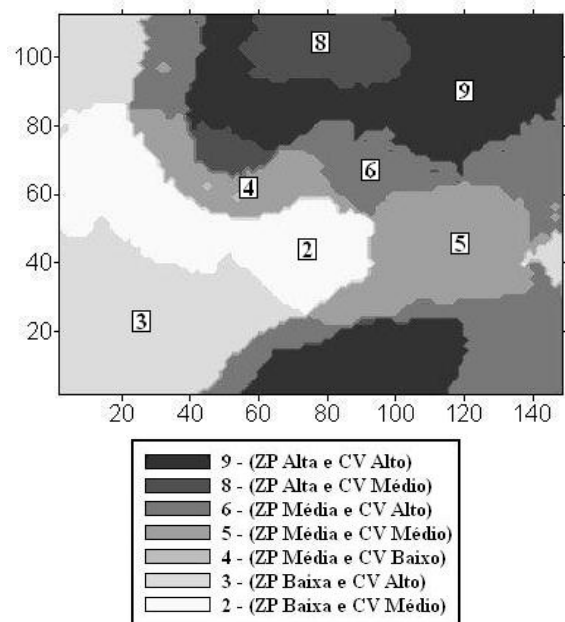


Figura 9. Classificação da área cultivada sem manejo localizado conforme a média da produtividade padronizada (ZP) e coeficiente de variação (CV) de acordo com a Tabela 2.

A Tabela 8 apresenta o percentual de área que cada uma das classes (Figura 9). As classes 3, 6 e 9 ocuparam, respectivamente, 20, 20 e 27% da área caracterizada principalmente por coeficiente de

variação alto e produtividade padronizada baixa, média e alta, respectivamente. As classes 2, 4, 5 e 8 ocuparam, respectivamente, 13, 0,5, 14 e 5,5%.

Tabela 8. Percentual de área ocupada por cada classe.

Classificação	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 8	Classe 9
Área ocupada (%)	13	20	0,5	14	20	5,5	27

Nas duas situações em estudo foi possível identificar unidades de manejo. O diferencial entre as duas situações em estudo está na ocorrência de um menor número de classes de classificação, demonstrando assim uma produtividade mais homogênea, para as parcelas com manejo localizado (Figuras 6 e 7).

Uma próxima etapa seria a análise das propriedades físicas do solo que contribuiriam para o refinamento das diferentes Unidades de Manejo.

Conclusão

Somente mapas de produtividade padronizados não são suficientes para se estabelecer padrões para tomadas de decisão.

Os mapas de produtividade padronizada apresentaram, de forma geral, um padrão de variabilidade pouco semelhante quanto à distribuição na área ao longo dos cinco anos, confirmando a existência de variabilidade temporal da produtividade.

O coeficiente de variação médio foi um indicativo da existência de alta produtividade na área em estudo, ao mesmo tempo em que o coeficiente de variação alto foi indicativo de baixa produtividade, ou seja, quanto maior o coeficiente de variação da produtividade durante anos de estudo, menor foi a produtividade encontrada.

As áreas com manejo localizado apresentaram menor número de unidades de manejo apresentando uma produtividade mais homogênea.

A técnica utilizada se apresentou apropriada na definição de unidades de manejo utilizando dados de produtividade.

Agradecimentos

À Fundação Araucária, CNPq e COODETEC pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste projeto.

Referências

CAMBARDELLA, C.A. *et al.* Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
 CAPELLI, N.L. *Agricultura de precisão – Novas tecnologias para o processo produtivo.* 2004. Disponível em: <<http://www.bases.cnpia.embrapa.br>>. Acesso em: 17

maio 2004.

CARVALHO, J.R. de P. et al. *Como avaliar similaridade entre mapas de produtividade*. 1. ed. Campinas: Relatório técnico/Embrapa informática agropecuária 10, 2001.

COLVIN, T. S. et al. Yield variability within a central Iowa field. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 40, n. 4, p. 883-889, 1997.

GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 12. ed. Piracicaba: Nobel, 1987.

JOHANN, J.A. et al. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um Latossolo Bruno distrófico da região de Cascavel, PR. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.*, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 212-219, 2004.

KITCHEN, N.R. et al. *An Evaluation of methods for determining site specific management zones*. Disponível em:

<[Http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/sscmzone.pdf](http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/sscmzone.pdf)>.

Acesso em: 10 fev. 2003.

LORUP, E.J. IDRISI WWW tutorial: map pairs tools II. Disponível em: <<http://sbg.ac.at/geo/idrisi/wwwtutor/mptools2.htm>>. Acesso em: 26 out. 2003.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BOREM, A. et al. (Ed.). *Agricultura de precisão*. Viçosa: Editora UFV, 2000. p. 237-57.

MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.

QUEIROZ, D.M. et al. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BOREM, A. et al. (Ed.). *Agricultura de precisão*. Viçosa: Editora UFV, 2000. p. 1-42.

SOUZA, E.G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em um Latossolo roxo Distrófico da região de Cascavel – PR. *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 18, n. 3, p. 80-92, 1999.

SUDDUTH, K.A. et al. Spatial modeling of crop yield using soil and topographic data. v. 1, p. 439-47. In: STAFFORD, J.V. (Ed.). *Precision agriculture 97*, First European Conf. on Precision Agric. Anais: Warwick Univ. Conf. Centre. p. 7-10 Sept. 1997. SCI, London. 1997 v. 1, p. 439-47.

WOLLENHAUPT, N.C.; WOLKOWSKI, R.P. Grid soil sampling. *Better Crops Plant Food.*, Norcross, v. 78, n. 4, p. 6-9, 1994:

Received on May 04, 2005.

Accepted on July 24, 2006.