

EXTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO DE BAIXA FREQUÊNCIA EM MAPEAMENTOS DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO PARA A DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO

MARCOS NEVES¹, ARIOVALDO LUCHIARI², RICARDO YASSUSHI INAMASU³,
LADISLAU MARCELINO RABELLO⁴

¹ Eng^o Eletricista, Doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna - SP, Fone: (0XX19) 3311.2658, marcos@cnpma.embrapa.br

² Eng^o Agrônomo, Doutor em Solos e Agronomia, pesquisador da Embrapa Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas, Palmas - TO

³ Eng^o Mecânico, Doutor em Engenharia Mecânica, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos - SP

⁴ Eng^o Eletricista, Doutor em Engenharia Elétrica, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos - SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Zonas de manejo são apontadas como uma estratégia válida para o tratamento da variabilidade espacial na Agricultura de Precisão. Uma das informações possíveis para a identificação das zonas de manejo é o mapeamento da condutividade elétrica do solo, por ser um processo rápido e que gera uma quantidade massiva de dados. Entretanto, os dados gerados no levantamento da condutividade elétrica possuem componentes de alta frequência que podem dificultar a clara identificação das zonas de manejo, sobretudo por algoritmos automáticos. Neste trabalho analisamos os dados produzidos pelo mapeamento da condutividade elétrica do solo e propomos um procedimento para a eliminação das componentes de alta frequência, de modo a evidenciar as variações mais significativas e facilitar a definição das zonas de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade elétrica, filtragem passa-baixa, zonas de manejo.

EXTRACTION OF LOW FREQUENCY INFORMATION FROM ELECTRICAL CONDUCTIVITY MAPPING FOR DEFINING MANAGEMENT ZONES

ABSTRACT: Management zones are identified as a valid strategy for the treatment of spatial variability in Precision Agriculture. The mapping of soil electrical conductivity is an interesting information for defining management zones because it is a fast and generates a large amount of data. However, the data of electrical conductivity have high frequency components that may hinder the identification of zones especially its definition by automatic algorithms. This work analyzes the data produced by the mapping of soil electrical conductivity and presents a procedure for eliminating high frequency components in order to highlight the most significant spatial variability and facilitate the establishment of management zones.

KEYWORDS: mapping of electrical conductivity, low-pass filtering, management zones.

INTRODUÇÃO

As zonas de manejo são uma subdivisão da gleba em áreas geográficas menores com a mínima heterogeneidade (Luchiari et. al., 2000). Frequentemente as zonas de manejo são

definidas em função da produtividade agrícola, mas diferentes metodologias foram propostas utilizando outras fontes de informação, como: topografia, fotografias aéreas, imagens de sensoriamento remoto e imagens do dossel das culturas (Castro & Molin, 2004). A condutividade elétrica do solo (CE) também tem sido usada para este fim, por ser rapidamente avaliada e indicar características do solo relevantes para a produtividade (Machado, 2004). Seu levantamento gera dados massivamente, a um custo relativamente baixo e de forma simples, acoplando um sistema específico a um trator ou adaptando-o a um implemento agrícola, como proposto em Rabello et al. (2008).

Estudos apontam que a medida da CE se correlaciona com vários parâmetros físicos e químicos do solo, como: o teor de argila, conteúdo de água, capacidade de troca catiônica, entre outros (Molin, 2005). A divisão de uma área maior em zonas de manejo é reconhecida como uma boa estratégia para tratar com a variabilidade espacial associada aos aspectos da produção agropecuária (Machado, 2004).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) coordena um projeto em Agricultura de Precisão desenvolvido em rede, envolvendo um amplo conjunto de pesquisadores e técnicos. Uma das ações deste projeto é montar um conjunto de unidades demonstrativas combinando regiões do país e culturas agrícolas diferentes (www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2). Para cada uma destas unidades será realizado o mapeamento da CE como uma das fontes de informação possíveis para a definição de zonas de manejo.

Em um levantamento preliminar, entretanto, verificou-se que o mapeamento da CE gera muita informação de alta frequência, que pode dificultar a observação de estruturas espaciais mais significativas. As componentes de alta frequência são compostas pela estruturas de dependência espacial de pequena abrangência no espaço e pelos erros aleatórios no processo de medida da CE. Se a informação de alta frequência não for atenuada, o processo de geração de zonas de manejo tende a criar muitas áreas de dimensões reduzidas e com pouca representatividade.

Neste trabalho são analisadas algumas características das informações fornecidas pelo mapeamento da CE e é proposto um procedimento que utiliza a filtragem para a eliminação da componente de alta frequência, com o objetivo final de subsidiar e facilitar a definição de zonas de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

A teoria das variáveis regionalizadas assume que a variação espacial de um atributo pode ser expressa pela soma de três componentes: uma componente estrutural, representando a tendência global; uma segunda componente representando a dependência espacial; e uma última, aleatória e não espacialmente correlacionada (Burrough, 1998). Assim, o valor de um atributo espacial, Z , na posição x é dado por:

$$Z(x) = \mu(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon''$$

em que,

$\mu(x)$ é a tendência global da variável Z em x ;

$\varepsilon'(x)$ representa a estrutura de dependência espacial de Z ; e

ε'' é o erro residual, com média zero e uma variância γ .

Mais realisticamente, a componente que expressa os efeitos da dependência espacial, $\varepsilon'(x)$, pode ser vista como uma combinação de duas ou mais estruturas de dependência espacial ocorrendo simultaneamente, com variabilidades espaciais distintas (Bourough, 1998). Para as definições das zonas de manejo a partir da CE rasa do solo (0 a 30 cm) usamos a informação da tendência global, $\mu(x)$, e parte da dependência espacial, $\varepsilon'(x)$, mais

precisamente, as influências de baixa frequência. Para a eliminação da componente de alta frequência da CA utilizamos um filtro passa-baixa. A abrangência espacial do filtro utilizado no processo está associada ao tamanho da célula usado na superfície de CE e no número de células da matriz usada no esquema de filtragem.

As etapas do procedimento para a geração das zonas de manejo são: levantamento da CE, interpolação por krigagem dos valores da CE, filtragem passa-baixa e classificação (Figura 1).

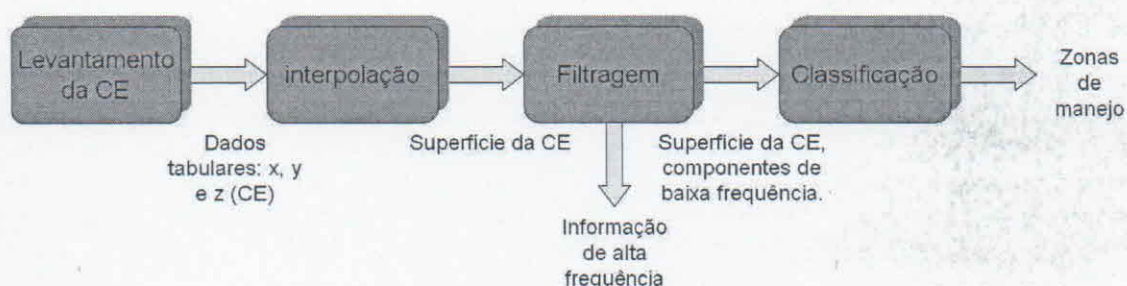


FIGURA 1: procedimento para a geração das zonas de manejo.

Para análises e comparações entre as etapas do processo e extração do perfil (transecto) da CE foram geradas três interpolações: i) com o método krigagem universal, grade de 1 metro, para verificarmos as componentes de alta frequência; ii) método krigagem universal, grade de 5 metros, efetivamente utilizada no processo e com grade compatível com a etapa de filtragem; iii) método vizinho mais próximo, grade de 1 metro para criar uma superfície sem valores intermediários, para permitir visualizar as oscilações das medidas de CE fornecida pelo sistema Veris.

Para a filtragem utilizamos um filtro passa-baixa matricial de 5x5 células (média local: todas as células com valores unitários). Este filtro tem o comportamento prático de criar uma nova grade onde o valor dos nós é a média dos 25 valores próximos, incluindo o valor da CE da própria posição (Richard, 1995). Para a etapa final de classificação dos valores de CE resultantes, utilizou-se um procedimento simples, método fatiamento (faixas de valores de CE), em três níveis.

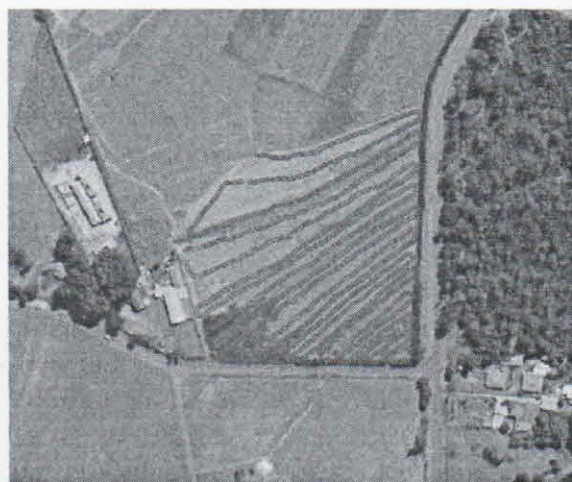


FIGURA 2: Fotografia aérea da área e o caminho executado pelo sistema Veris no levantamento da CE (em vermelho).

Os dados da CE foram levantados em 21/06/2007 com sistema Veris 3100 e as medidas de posição efetuadas com o GPS Trimble AG114, com correção diferencial via satélite. O levantamento foi realizado em uma parcela de 3,8 ha dentro da fazenda experimental da Embrapa Meio Ambiente, com coordenadas geográficas centrais 22,7221 sul (latitude) e 47,0207 oeste (longitude), localizada no município de Jaguariúna, SP. A Figura 2 mostra a parcela e o caminho executado pelo sensor no levantamento da CE, em vermelho. Para o processamento dos dados foram utilizadas funções dos aplicativos Surfer 8.02 e SPRING 5.1.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a superfície em perspectiva criada pela interpolação dos dados levantados para a CE rasa, com células de 1 metro (krigagem universal). Nesta figura pode-se perceber efeitos pontuais, provocados por valores discrepantes e pequenos grupos de altos e baixos valores. Ela mostra que a medida de condutividade elétrica do solo obtida pelo sistema Veris possui informações de alta frequência que, por vezes, podem atrapalhar a identificação de zonas de manejo, sobretudo por algoritmos automatizados, já que estes tenderiam a criar muitas zonas pequenas. Além disso, em trabalhos que buscam correlacionar atributos de solo com a condutividade elétrica, esta alta variabilidade espacial pode mascarar resultados.

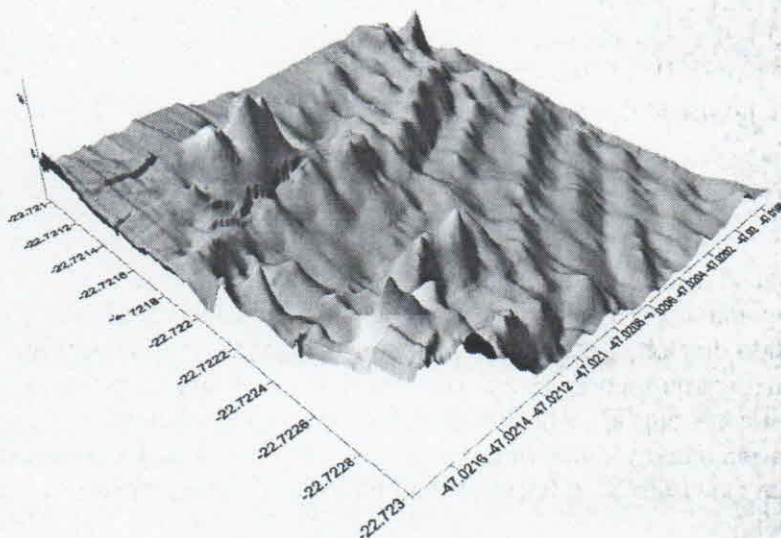


FIGURA 3: Interpolação por krigagem, células de 1 m.

Para avaliarmos quantitativamente a variação das medidas da CE, tanto em amplitude quanto em espaço, geramos um perfil sobre a superfície interpolada pelo método vizinho mais próximo. O perfil foi traçado alinhado ao deslocamento do sistema em campo. A Figura 4 mostra a seqüência de valores de CE correspondendo a um deslocamento pouco maior que 90 m. Observando os valores no perfil, percebe-se que chegam a ocorrer de 3 a 4 picos e vales em espaços de 20 m, com variações na amplitude da medida chegando até duas unidades em poucos metros.

Como o coletor de dados do sistema Veris armazena uma medida a cada segundo e o deslocamento do trator em campo ficou em torno de 5 km/h, vemos que foram colhidas cerca de 6 a 7 medidas a cada 10 m. Isto dá uma noção concreta da dimensão espacial de pequenos agrupamentos de valores altos e baixo e da variação da CE em medidas vizinhas.

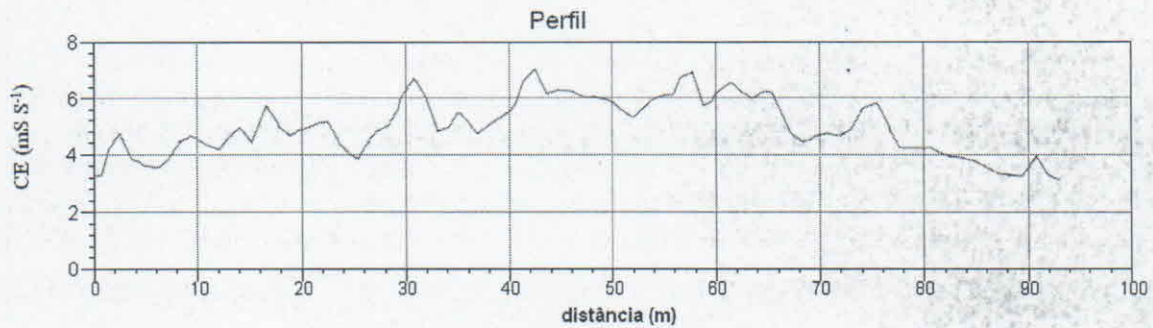
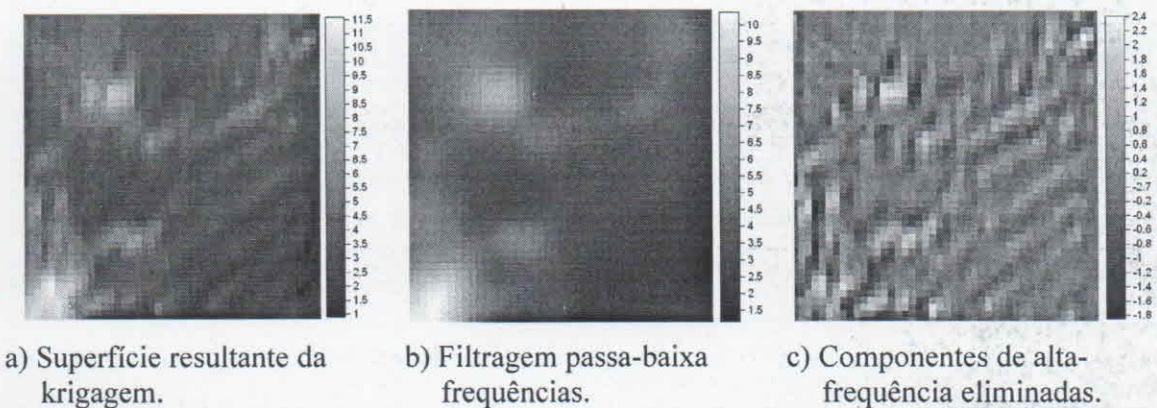


FIGURA 4: sequência de medidas da CE efetuada em campo.

Na Figura 5 são apresentadas três imagens em tons de cinza correspondendo a valores da CE, em escalas diferentes apresentadas ao lado direito de cada imagem. A primeira imagem (*Quadro a*) é o resultado da krigagem universal, usando o mesmo ajuste da Figura 3, mas gerando uma interpolação com células de 5 metros.



a) Superfície resultante da krigagem. b) Filtragem passa-baixa frequências. c) Componentes de alta-frequência eliminados.

FIGURA 5: Processo de filtragem da informação da CE (células de 5 metros).

O uso de células maiores por si já atenua os efeitos dos pontuais dos valores discrepantes. Mesmo assim, podemos identificar na imagem pequenas estruturas espaciais (grupos de valores altos ou baixos) ou estruturas finas e alongadas. O *Quadro b* mostra o resultado da filtragem passa-baixa aplicado na imagem do *Quadro a*. Esta segunda imagem é formada pela informação da tendência global da variação da CE e pela dependência espacial de baixa frequência. O *Quadro c* foi obtido pela subtração aritmética entre as imagens dos quadros anteriores, célula a célula. Portanto, toda a informação de alta frequência retirada no processo de filtragem é mostrada neste quadro.

Pelos valores numéricos apresentados nas escalas da Figura 5 percebe-se que amplitudes das componentes de alta frequência são relativamente pequenas frente às demais componentes da imagem da CE, efetivamente utilizadas na definição das zonas de manejo.

A Figura 6 mostra a superfície correspondente ao resultado da filtragem, onde as estruturas de baixa frequência aparecem de forma clara, em contraposição à superfície apresentada anteriormente na Figura 3. O resultado final do processo é apresentado um mapa com as zonas de manejo obtidas pela classificação da superfície filtrada da CE nos níveis: menor que 3, entre 3 e 7 (inclusive) e maior que 7 mS^{-1} (Figura 7).

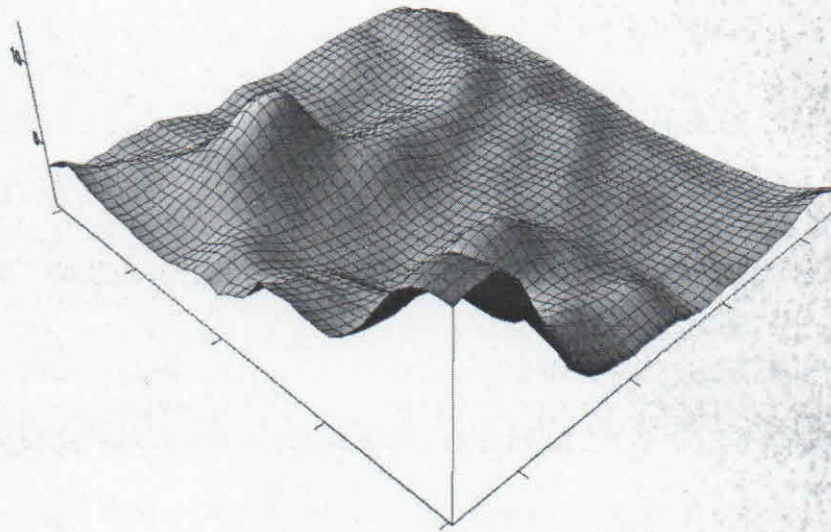


FIGURA 6: Superfície criada após a filtragem das informações de alta frequência..

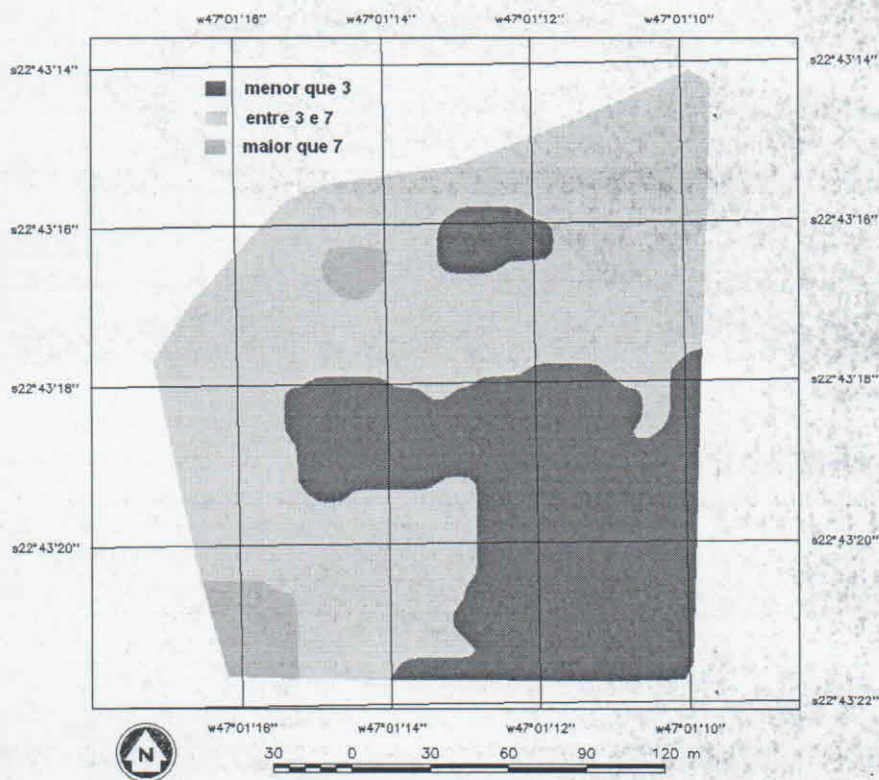


FIGURA 7: Zonas de manejo obtidas com o classificação, em 3 grupos.

CONCLUSÕES

A medida do CE produzida pelo sistema Veris possui uma alta variabilidade espacial, sendo que as estruturas das altas frequências são consideráveis e podem dificultar a determinação de zonas de manejo, pela não percepção clara das variações de baixa frequência, sobretudo por algoritmos automáticos. Se as altas frequências não forem eliminadas ou reduzidas, o processo de geração de zonas de manejo tende a gerar muitas zonas de dimensões reduzidas e com pouca expressão espacial. É possível separar facilmente as componentes de alta e de baixa frequências usando a técnica de filtragem, normalmente aplicada em processamento de imagem.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas Henrique Bastos e Waldemore Moriconi pela ajuda inestimável na aquisição dos dados em campo.

REFERÊNCIAS

- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: University Press, New York, 1998.
- CASTRO, C. N.; Molin, J. P. Definição de unidades de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação fuzzy. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**. Piracicaba: ConBAP, 2004.
- LUCHIARI JR., A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, M.; SCHEPERS, J.; LIEBIG, M.; SCHEPERS, A.; PAYTON, S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. **International Conference on Precision Agriculture (V)**. Bloomington: *Proceedings...*, 2000.
- MACHADO, P.; BERNARDI, A.; VALENCIA, L.I.O.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.; SILVA, C.A.; ANDRADE, A.G.; MANDARI, B.E.; MEIRELES, M. Mapeamento da condutividade elétrica do solo e relação com os terores de argila de um latossolo vermelho sob plantio direto de graos no paraná. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**. Piracicaba: ConBAP, 2004.
- MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com os fatores de produção. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.420-426, 2005.
- RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; NETO, A. T.; Junior, A. L.; MOLIN, J. P. **Medida de Condutividade Elétrica do Solo Adaptada a uma Plantadeira**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.
- RICHARDS, J.A. *Remote sensing digital image analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 1995.