

Isolinhas de Compactação do Solo

Isolines of the Soil's compactation

Márcio Cardim

Doutor em Energia na Agricultura,
FCA – Unesp/Botucatu (orientador)

Angelo Cataneo

Livre Docente em Informática Aplicada
a Agricultura, FCA – Unesp/Botucatu (orientador)

Suetônio de Almeida Meira

Doutor em Matemática,
Universidade de Brasília (orientador)

André Mendes Garcia, Edson Martins Paulo

Alunos do curso de Especialização em Métodos Quantitativos Aplicados da FAI

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial da compactação do solo às profundidades de 10 cm e 20 cm, através de técnicas geoestatísticas. Verificou-se, para cada um dos três tipos de plantio nas duas profundidades, a dependência espacial da compactação do solo, através de semivariogramas, permitindo ajuste de modelos matemáticos, objetivando a construção de mapas de isolinhas e superfícies utilizando-se da interpolação por krigagem.

Palavras-chave

semivariogramas – krigagem – isolinhas

Abstract

This work had as objective to study the spatial variability of the soil compactation to 10 and 20 cm

deep through geostatistics techniques. The spatial dependency of the soil compactation for each one of the three types of plantation was varified through semivariograms, allowing adjustment of mathematical models, aiming the construction of isoline maps and surfaces by using the krigage interpolation.

Key words

semivariograms – krigage – isoline

Introdução

O estudo da compactação do solo, a várias profundidades, é de fundamental importância para a tomada de decisões na realização de práticas agrícolas, bem como para elaboração de estratégias de conservação do solo. A produtividade de uma área agrícola esta diretamente relacionada com a compactação do solo, sendo que o conhecimento dos níveis de compactação, a várias profundidades, garantem melhores resultados no processo de descompactação deste solo. Os fenômenos naturais envolvendo profundidades físicas e químicas do solo apresentam dependência espacial de uma forma natural. Vários trabalhos enfocando o estudo de propriedades de interesse agrícola tem sido estudadas, tais como os de Souza et al (1997), Cardim et al (1999), Camargo (1983), Davidoff e Selim (1988). A geoestatística leva em consideração a distribuição espacial entre amostras Salviano et al (1998), permitindo definir o raio de correlação espacial entre elas.

A variabilidade espacial pode ser representada por mapas de isolinhas Braga (1984) e mapas de superfícies Burgess e Webster (1980) e as estimativas da variável para locais não medidos, pode ser obtida por Krigagem Vieira et al (1983) o qual permite tomadas de decisões e tratamentos diferenciados para as regiões mapeadas, determinando-se amplitude a de dependência espacial entre as amostras de solo.

A confecção de mapas permite dividir classes de compactação a várias profundidades, auxiliando no entendimento e representação dos modelos de distribuição espacial Burrough et al (1997).

Neste trabalho foi verificada a amplitude de dependência espacial da compactação em dois níveis com os

respectivos mapas de isolinhas e de superfícies, expressando a variabilidade do fenômeno em estudo.

Material e Métodos

No Núcleo de Agronomia da Alta Paulista do Instituto Agrônomo, em Adamantina, SP, foram coletadas amostras de compactação do solo em três diferentes sistemas de preparo: Convencional pós pousio, Convencional pós-plantio de milho e Plantio direto pós-milho.

As áreas receberam culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca 80 foi semeado em 17-6-1999 no sistema de plantio direto pós-milho e em 18-6-1999 no sistema plantio convencional após milho e pós pousio.

Utilizou-se o espaçamento de 0,5m entre as linhas da cultura e 150 kg/há do adubo 4-20-20. Aplicou-se em 16-7-1999 180 kg/há de sulfato de amônio em cobertura. Efetuaram-se 10 irrigações em intervalos semanais.

Estabeleceu-se uma malha de 60 pontos, 4 pontos de largura e 15 de comprimento, espaçados entre si por 5,0m no sentido do comprimento e por 5 linhas de feijão no sentido da largura, localizados sobre as linhas de feijão e formando ângulos retos com dois eixos cartesianos imaginários. Cada um dos pontos serviu de centro para a locação de um retângulo de 1,0m de largura e 0,5m de comprimento onde se avaliou a resistência à penetração do solo à profundidade 0-10cm e a 10-20cm.

A avaliação da resistência à penetração foi efetuada em 4/9/99. Sendo essa resistência medida, utilizando-se o penetrômetro de impacto e o método descrito por Stolfi (1991).

A variabilidade espacial dos dados foi verificada através dos semivariogramas experimentais, onde a dependência espacial é definida pelo alcance a e o erro cometido devido a distância de amostragens, é definido pelo efeito pepita c_0 . As semivariâncias são calculadas por:

$$g(k) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

Onde, h : é a distância entre pares de observações;

$N(h)$: é o número de pares possíveis na distância h ;

$\mathcal{A}(h)$: representa a variabilidade espacial da propriedade $Z(X_i)$.

As estimativas dos pontos não amostrados são dadas por:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(X_i)$$

Onde, Z^* : é o valor estimado;

X_0 : é o ponto a ser estimado;

N : é o número de vizinhos utilizados na estimativa $Z^*(X_0)$;

λ_{i_i} : são os pesos associados a cada valor medido $Z(X_i)$.

Com a finalidade de mapear a compactação do solo a 10 cm e 20 cm de profundidade, nos três diferentes preparos apresentados, para a visualização dos mapas de isolinhas e superfície, foram utilizados 60 pontos (em cada preparo) estimados pelo método geoestatístico de "krigagem". O sistema de equações de "krigagem" é dado por:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \lambda_j g(X_i, X_j) \mathbf{m} = \mathbf{g}(X_i, X_j), J=1, \dots, N \\ \sum_{i=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases}$$

Os semivariogramas foram confeccionados pelo software Geoeas Englund e Sparks (1991), enquanto que os mapas de isolinhas e superfícies foram elaborados pelo software Surfer 6.01.

Com os valores das semivariâncias $r^{(h)}$ foram elaborados os semivariogramas experimentais a 10 cm e a 20 cm de profundidade para cada uma das três áreas e seus respectivos ajustes através dos modelos matemáticos:

$$\text{Gaussiano: } p(h) = co + c \left[1 - \exp \left(-3 \frac{h^2}{\sigma^2} \right) \right]; 0 < h < d$$

$$\text{Exponencial: } p(h) = co + c \left[1 - \exp \left(-3 \frac{h}{a} \right) \right]; 0 < h < d$$

$$\text{Esférico: } p(h) = \begin{cases} co + c \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1h^3}{2a^3} \right]; 0 < h < a \\ co + c; h \geq a \end{cases}$$

$$\text{Linear: } p(h) = \begin{cases} co + \frac{c}{a} h; 0 < h < a \\ co + c; h \geq a \end{cases}$$

A figura 1, mostra o semivariograma ajustado através do modelo Gaussiano para a área com plantio convencional pós-milho a 10 cm de profundidade, observa-se dependência espacial para a compactação nesta profundidade, com efeito pepita de 500, alcance de 40m e patamar de 3400 .

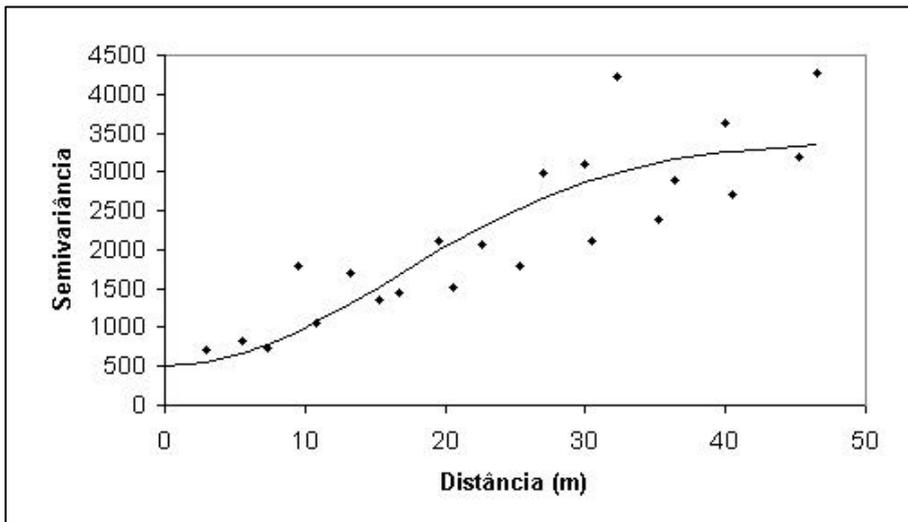


Figura 1: convencional pós-milho (10 cm)

A figura 2 mostra o semivariograma ajustado através do modelo esférico para a área com plantio convencional pós-milho a 20 cm com efeito pepita de 700, alcance de 20 m, patamar de 2100.

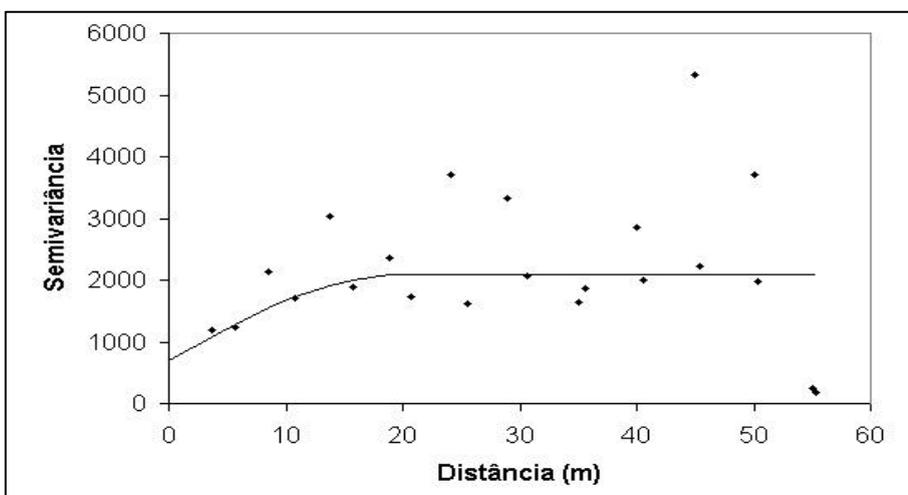


Figura 2: convencional pós-milho (20 cm)

A figura 3, mostra o semivariograma ajustado através do modelo Exponencial para a área com plantio convencional pós pousio a 10 cm de profundidade, observa-se dependência espacial para a compactação nesta profundidade, com efeito pepita de 40, alcance de 27 m e patamar de 4200.

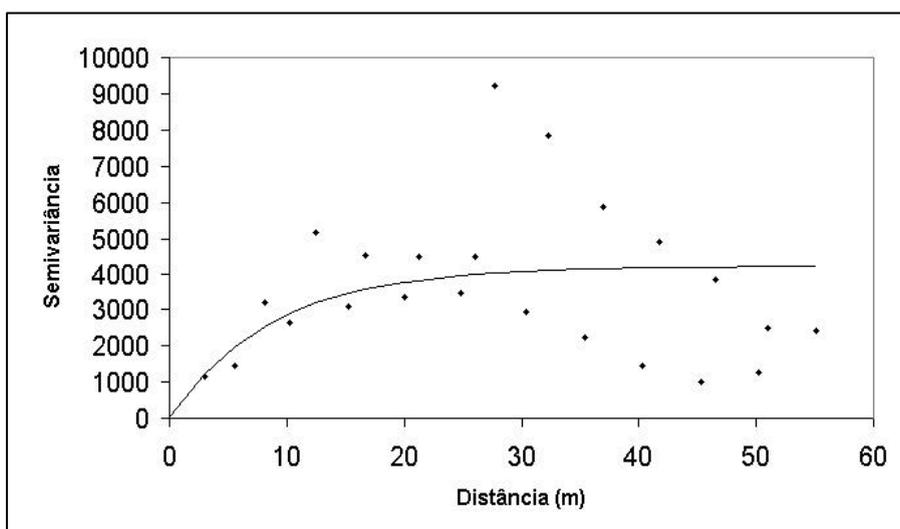


Figura 3:
Convencional pós
pousio (10 cm)

A figura 4 mostra o semivariograma ajustado através do modelo Esférico para a área com plantio convencional pós pousio a 20 cm de profundidade, com efeito pepita de 600, alcance de 17 m e patamar de 1700.

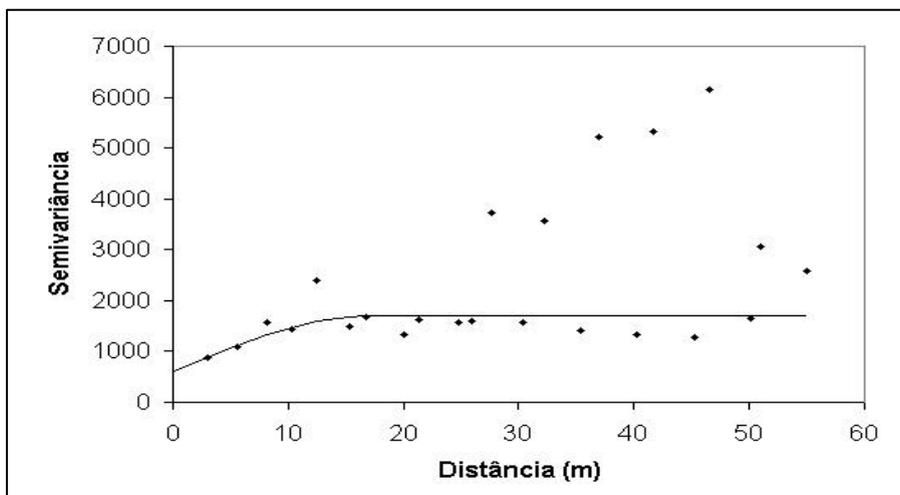


Figura 4:
Convencional pós
pousio (20 cm)

A figura 5, mostra o semivariograma ajustado através do modelo linear, para a área com plantio direto a 10 cm de profundidade, observa-se dependência espacial para a compactação nesta profundidade, com efeito pepita de 9,5, alcance de 26 m e patamar de 26,5.

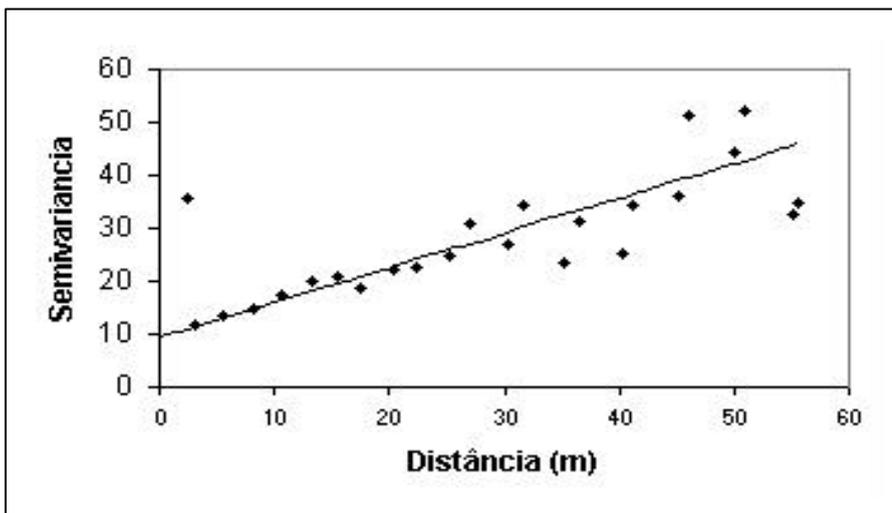


Figura 5: plantio direto (10 cm)

A figura 6 mostra o semivariograma ajustado através do modelo Gaussiano para a área com plantio direto a 20 cm de profundidade, com efeito pepita de 210, alcance de 35 m e patamar de 530.

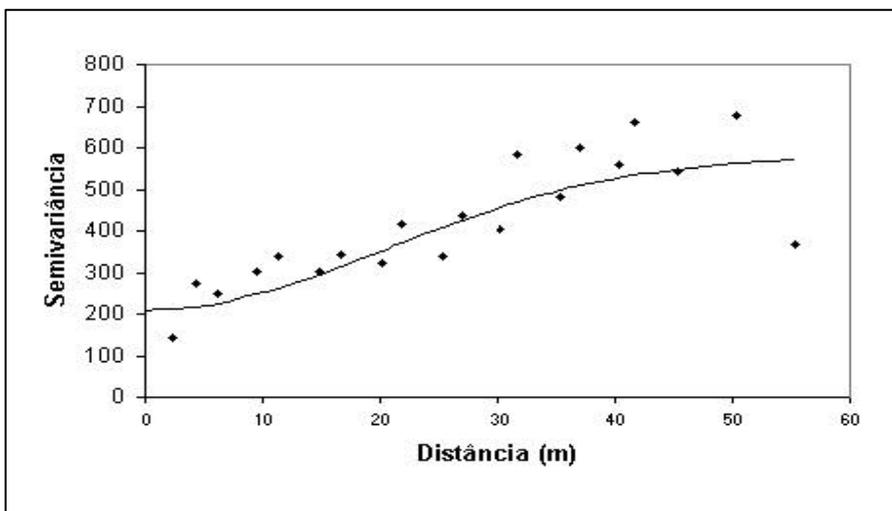


Figura 6: Plantio direto (20 cm)

Os semivariogramas para a compactação do solo revelam a existência de uma correlação espacial nas áreas estudadas tanto no sistema de manejo convencional, pós pousio e pós-milho, como no plantio direto.

O alcance da dependência espacial da compactação do solo a profundidade de 10 cm, no sistema convencional pós-milho, 50 m, foi maior do que no sistema Convencional pós pousio, 27m.

Com os modelos de semivariograma ajustados, realiza-se a krigagem da área amostrada, permitindo tomadas de decisões e tratamentos diferenciados para as regiões mapeadas. Nas figuras 7 a 18 encontram-se representadas as isolinhas e as superfícies de compactação para cada tipo de plantio nas duas profundidades em estudo.

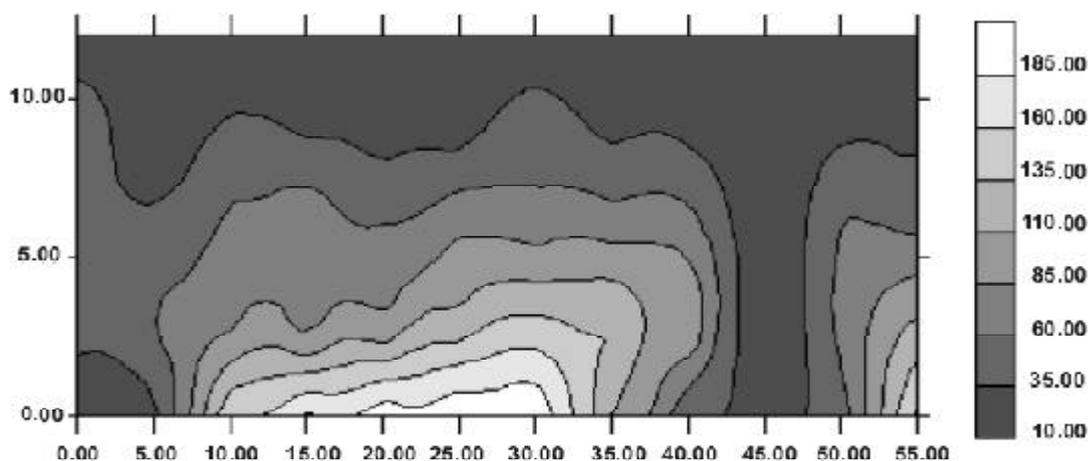


Figura 7: convencional pós pousio (10 cm)

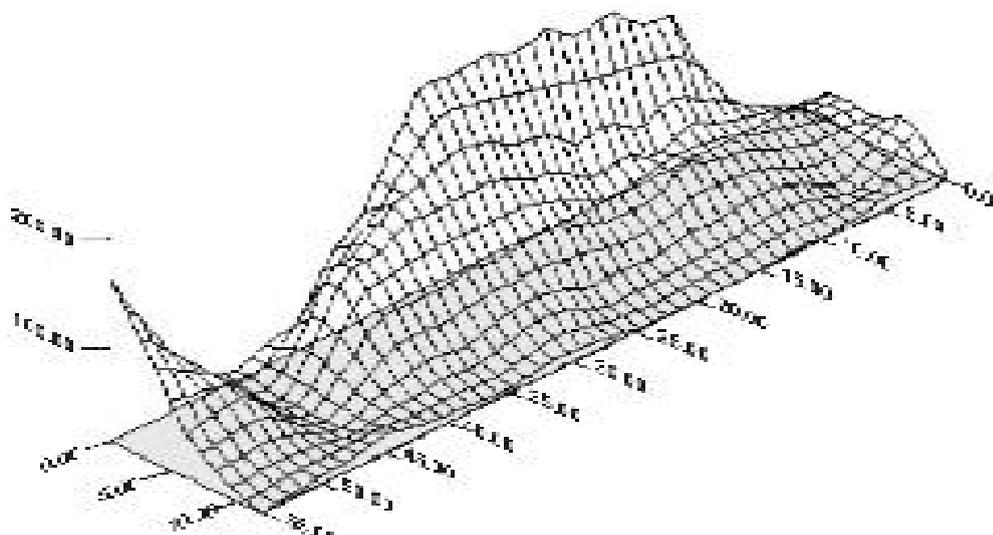


Figura 8: convencional pós pousio (10 cm)

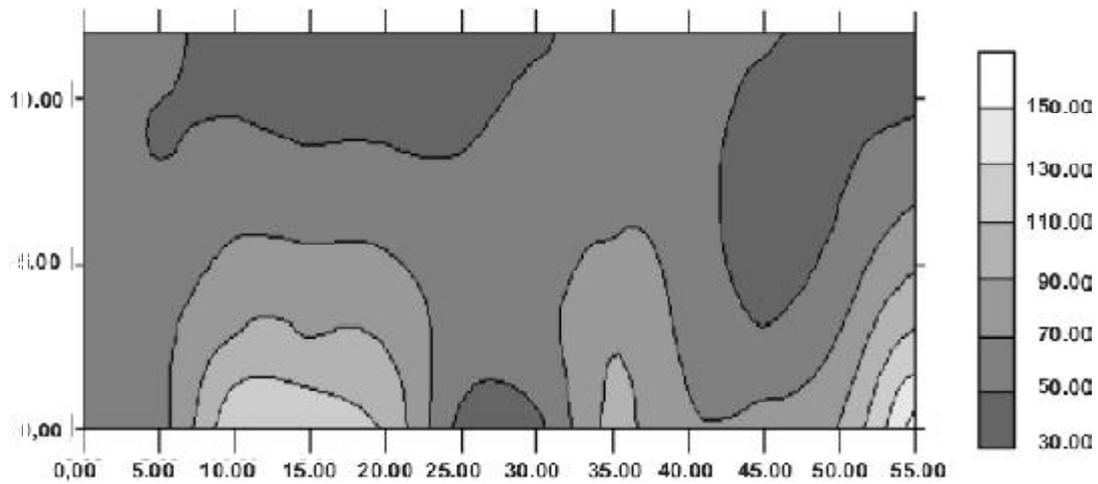


Figura 9: convencional pós pousio (20 cm)

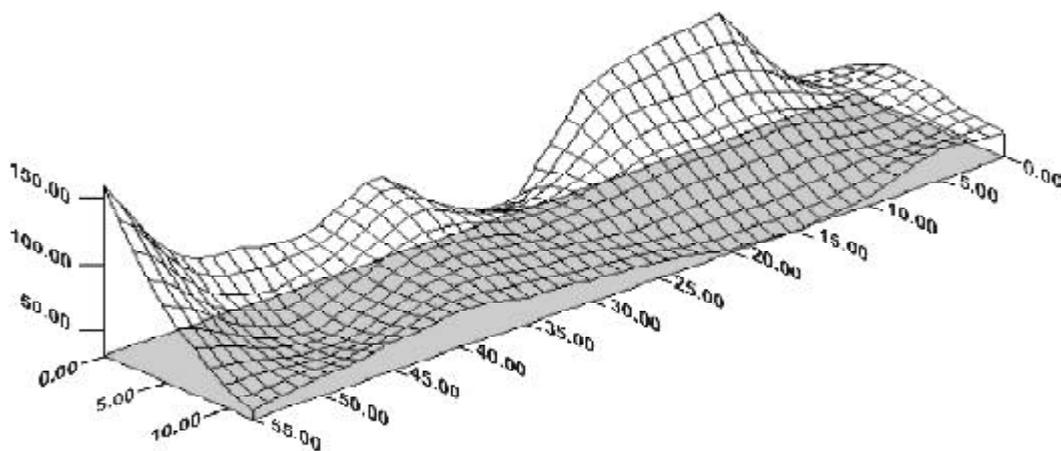


Figura 10: convencional pós pousio (20 cm)

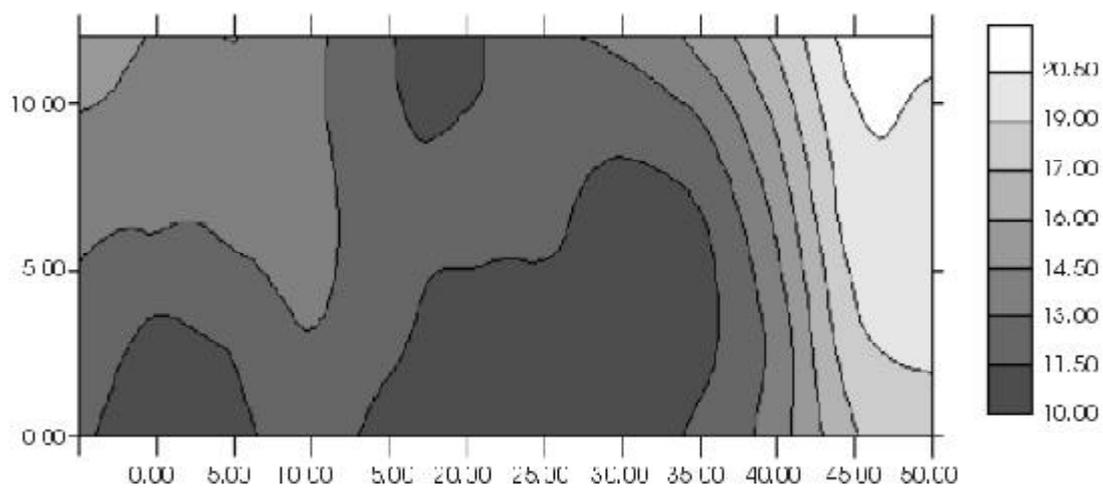


Figura 11: direto (10 cm)

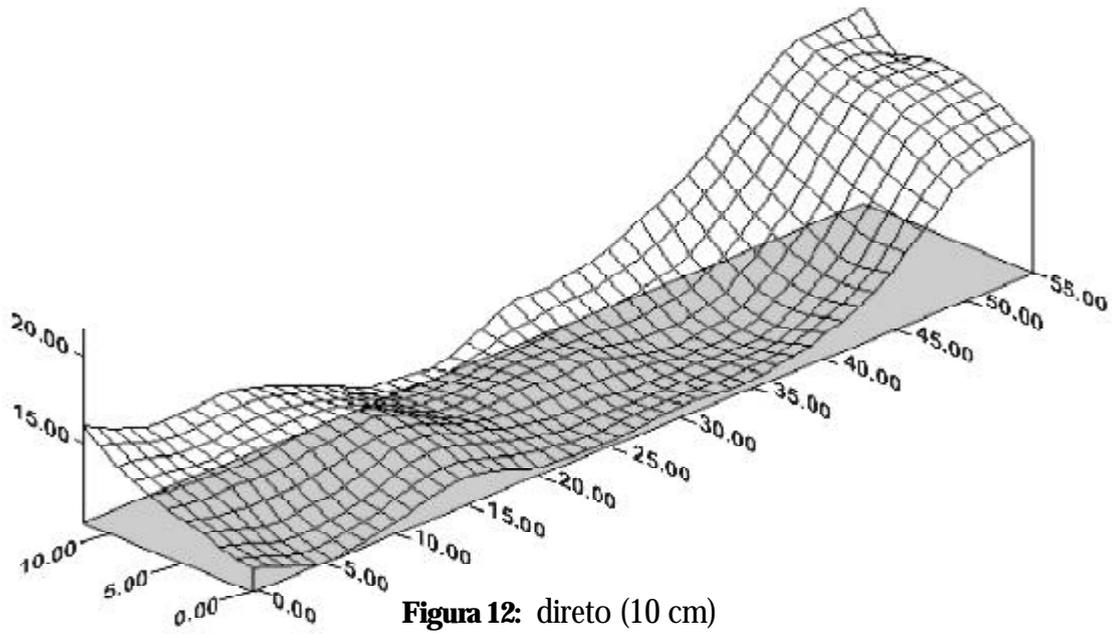


Figura 12: direto (10 cm)

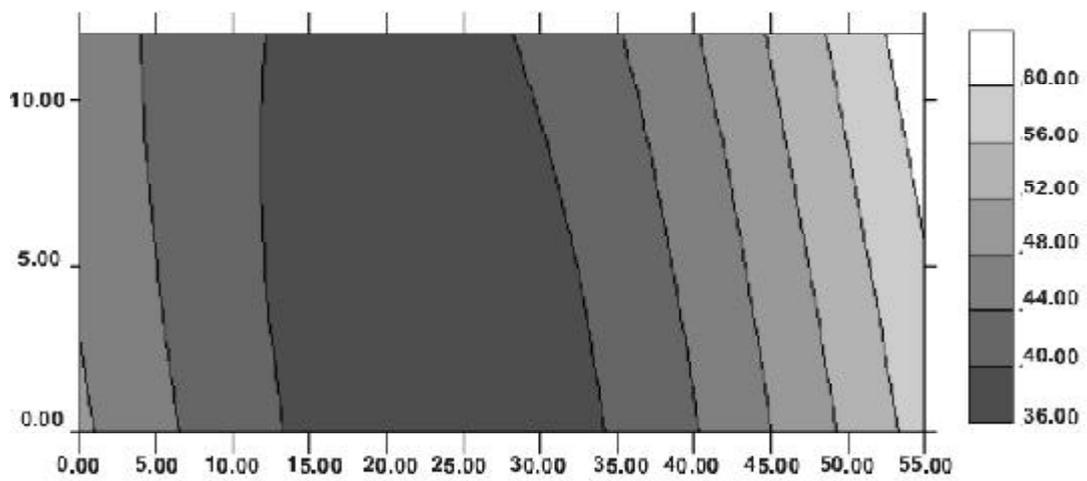


Figura 13: direto (20cm)

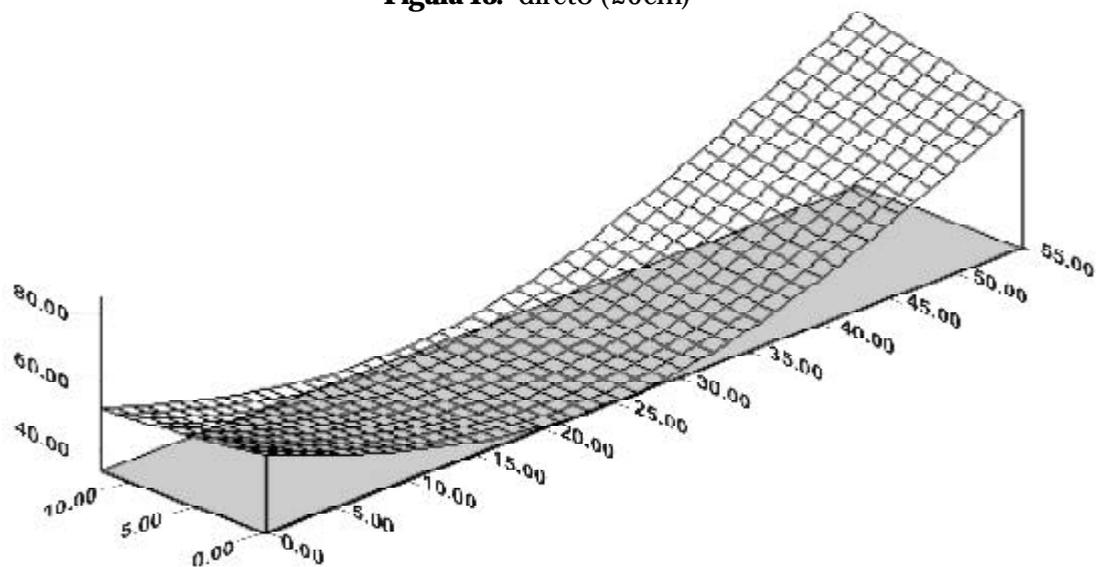


Figura 14: direto (20cm)

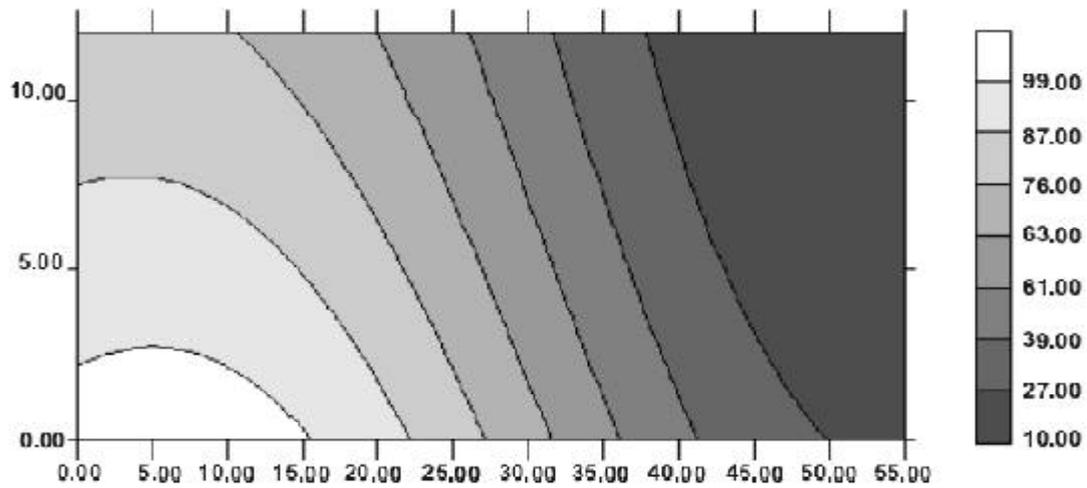


Figura 15: convencional pós milho (10 cm)

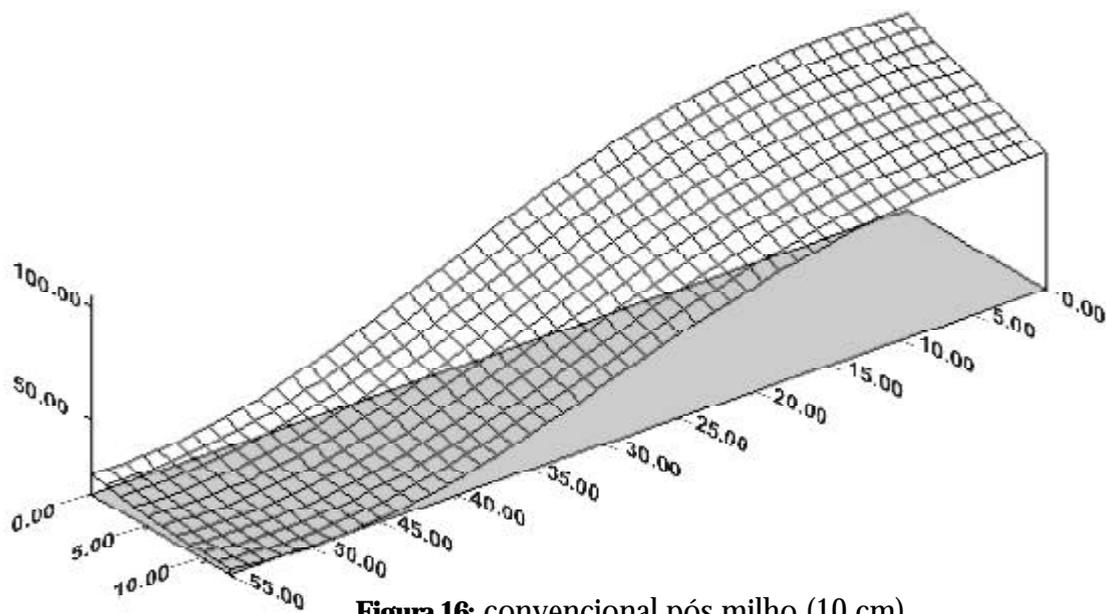


Figura 16: convencional pós milho (10 cm)

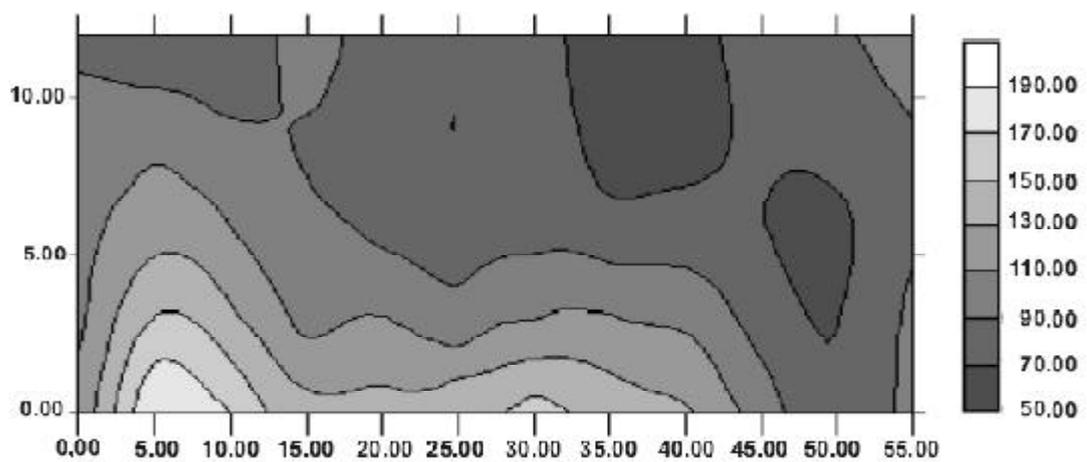


Figura 17: convencional pós milho(20 cm)

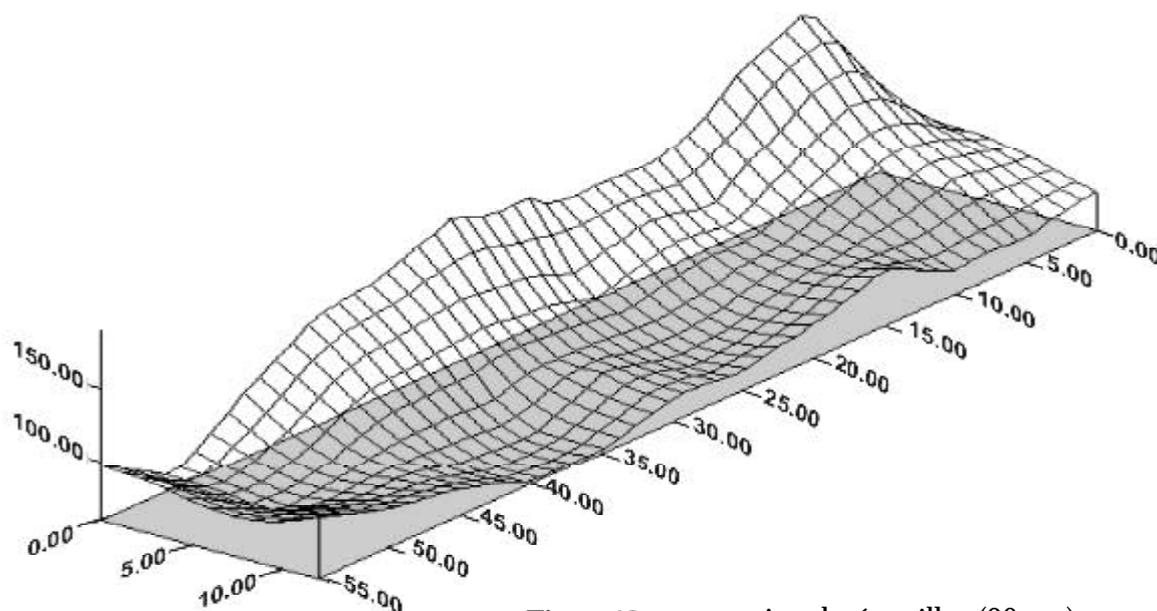


Figura 18: convencional pós milho (20 cm)

As figuras 7, 9, 11, 13, 15 e 17 mostram as isolinhas para cada tipo de plantio nas duas profundidades. Nota-se uma certa semelhança no comportamento da compactação a 10 cm e a 20 cm de profundidade. Para o plantio convencional pós pousio a compactação está mais acentuada a 10 cm, enquanto para o plantio direto a compactação apresenta uma maior índice de compactação a 20 cm. Para o convencional pós milho a compactação a 20 cm apresenta índices bem maiores.

Observa-se, em geral, uma maior concentração de isolinhas e um maior número de picos e depressões para a compactação a 20 cm de profundidade, indicando que nesta profundidade a variabilidade foi maior.

O alcance da dependência espacial da compactação do solo a profundidade de 10 cm foi maior no sistema de plantio convencional pós pousio e no sistema de plantio convencional. Já no sistema de plantio direto o alcance da dependência espacial foi maior a 20 cm.

Conclusões

Através dos semivariogramas experimentais foi possível detectar a dependência espacial entre as amostras de compactação, nos três diferentes sistemas de plantio analisados nas duas profundidades.

Detectada a dependência espacial entre as amostras foi possível traçar os mapas de isolinhas e mapas de superfícies. Os mapas de isolinhas permitem definir classes de compactação na área amostrada e os mapas de superfícies possibilitam uma melhor visualização dos valores de compactação em toda a área.

Referências

BRAGA, L. P. V. **Aplicações das teorias de estimação e interpolação em Cartografia**. Tese de Doutorado, COPPE, UFRJ, 1984.

BURGESS, T. M.; WEBSTER, R. **Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties**. I. The semivariogram and punctual kriging. J. soil sci., Baltimore, 1980. 31, 315-331 p.

BURROUGH, P. A.; VAN GAANS; P. F. M.; HOOTSMANS, R. **Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries**. Geoderma, 1997. 77, 115-135 p.

CAMARGO, O. A. de. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44 p .

CARDIM, M. et al. Estudo da variabilidade espacial da densidade do solo. In: I Simpósio em energia na Agricultura, 2. Botucatu, 1999. **Anais**. UNESP, Campus de Botucatu, Faculdades de Ciências Agronômicas, 1999. p. 535-540.

DAVIDOFF, B.; SELIM, H. M. **Correlation between spatially variable soil moisture content and soil temperature**. Soil Science, v. 145, nº 1, p. 01-10, 1988.

ENGLUND, E.; SPARKS, A. **Geostatistical environmental assessment software**. Las Vegas, 1991.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de crotalaria juncea L. em área severamente erodida. **Rev. Bras. Ciência Solo**, 1998. 22, 115-122 p.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do

solo em pomar cítrico. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, Viçosa, 1997. 21, 367-372 p.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação de dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Rev. B. Ci. Solo**, Campinas, 1991. 15, 229-235 p.

VIEIRA, S.R. et al. **Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties**. Hilgardia, V., 1983. 51, 3 p.