
VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO EM ARGISSOLO AMARELO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

CORTEZ, Jorge Wilson¹
FERREIRA, Bernardo José Marques²
OLSZEWSKI, Nelci³
LOPES, Hélio Leandro⁴
NAGAHAMA, Hideo de Jesus⁵

Recebido em: 2010.07.09 Aprovado em: 2010.09.20

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278-379

RESUMO: Devido à constante movimentação de máquinas agrícolas nas áreas de culturas perenes, dentre elas a fruticultura, o solo recebe carga dos rodados do trator que aumentam a resistência do solo a penetração, ou seja, a compactação. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em Argissolo Amarelo sob cultivo de manga. O trabalho foi realizado no projeto irrigado Nilo Coelho, próximo ao Campus Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF em Petrolina - PE. Para coleta de dados utilizou-se um penetrômetro de impacto em que a amostragem foi realizada de forma espacial, com espaçamentos regulares formando malha de 50 x 50 m, em que foram tomados pontos na projeção da copa da cultura até a profundidade de 40 cm e seus dados georreferenciados por meio de GPS. Os dados foram submetidos a análise geoestatística para construção dos semivariogramas e dos gráficos de espacialização para cada camada. Os resultados indicam presença de compactação abaixo da camada de 20 cm sendo os valores próximo ou superiores a 6,0 MPa.

Palavras-chave: Compactação. Preparo do solo. Mecanização agrícola.

SPATIAL VARIABILITY MECHANICAL RESISTANCE TO THE PENETRATION OF YELLOW ARGISOL NORTHEASTERN SEMI ARID

SUMMARY: Due to the constant movement of farm machinery in areas of perennial crops, among them the fruit, the soil gets load wheels of the tractor that increase resistance to penetration, or compression. The aim of this study was to evaluate the spatial variability resistance to penetration of yellow argisol in property with the mango crop in the semiarid northeast. The study was conducted in Nilo Coelho irrigation project, around the Campus Agricultural Sciences, Federal University of São Francisco Valley – UNIVASF, Petrolina - PE. To collect data we used a penetrometer impact that sampling was performed as a space, forming a regularly spaced grid of 50 x 50 m, in which points were taken in the projection of the skirt to a depth of 40 cm and its georeferenced using GPS. Data were subjected to geostatistical analysis to construct semivariograms and spatial graphics for each layer. The results showed compaction depth of 20 cm below the values being close to or higher than 6.0 MPa.

Keywords: Compaction. Tillage. Agricultural mechanization

¹ Eng. Agro., Prof. Adjunto, Colegiado de Eng. Agrônômica, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Email: jorge.cortez@univasf.edu.br ;

² Eng. Agro., Profa Adjunta, Colegiado de Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Email: nelci.olszewski@univasf.edu.br

³ Eng. Agro., Prof. Assistente, Colegiado de Eng. Agrônômica, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Email: helio.lopes@univasf.edu.br

⁴ Eng. Agro., Chefe da Seção de Apoio às Atividades de Campo da UNIVASF. hideo.nagahama@univasf.edu.br

⁵ Eng. Agro., Chefe da Seção de Apoio às Atividades de Campo da UNIVASF. hideo.nagahama@univasf.edu.br

INTRODUÇÃO

Em áreas de exploração agrícola da região de Petrolina – PE, a compactação do solo é um dos problemas sérios enfrentado pelos produtores rurais. O adensamento e, ou, compactação de camadas do solo está presente, em média, em 80% dos solos da região, chegando a comprometer de 50-70% da produção das culturas (SILVA et al., 2007). Dentre alguns problemas ocasionados pela compactação têm-se: diminuição da infiltração, acarretando em menor armazenamento de água no solo; diminuição no crescimento radicular, afetando consideravelmente a capacidade de absorção de água e, conseqüentemente de nutrientes; menor dinâmica de água por movimentação capilar ascendente das camadas mais profundas para a camada superficial, o que, em casos de veranico, aumenta os prejuízos às plantas; aumento da densidade e da resistência mecânica do solo (SILVA et al., 2006) e diminuição da porosidade total e do tamanho e da continuidade dos poros (DEXTER, 2004).

A formação e/ou presença de zonas de maior compactação tem sido avaliada pela resistência mecânica à penetração (BEUTLER et al., 2007) e, segundo Camargo e Alleoni, (1997), esse atributo adquire sua intensidade máxima quando o solo está na capacidade de campo podendo ser moldado ou deformado permanentemente pela aplicação de pressão. Normalmente as pressões exercidas sobre o solo na capacidade de campo são provocadas pelas rodas dos tratores que executam o manejo da área.

O diagnóstico da compactação pode ser obtido por meio de métodos científicos ou práticos. Os primeiros requerem aparelhos específicos e são de grande confiabilidade, enquanto que os métodos práticos informam o resultado de forma mais rápida (CARVALHO FILHO et al., 2004).

A penetrometria é uma metodologia quantitativa muito utilizada devido à facilidade, rapidez e a possibilidade de se efetuar grande número de repetições na obtenção de dados, embora possam ocorrer dificuldades na interpretação dos resultados obtidos devido à dependência desses em relação ao conteúdo de água e à densidade do solo (CASSEL et al., 1978 apud TAVARES FILHO et al., 1999).

Grego e Vieira (2005) avaliando a variabilidade espacial de propriedades físicas do solo encontraram dependência espacial para as camadas superficiais da resistência mecânica do solo à penetração, teor de água e densidade do solo. Como o preparo do solo não é uniforme em toda área, é importante avaliar a distribuição espacial dos valores das suas propriedades (SOUZA et

al., 2001) pois, valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IIJIMA; KONO, 1991), além de afetar a dinâmica da água e de nutrientes no solo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em Argissolo Amarelo sob cultivo de manga.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em propriedade rural localizada no perímetro irrigado Nilo Coelho, em latitude 09°23' sul e longitude 40°30' oeste, com altitude de 376 m, no município de Petrolina – PE e, conduzido pela equipe do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Segundo a classificação de Köppen, o clima desta área apresenta-se como tropical semi-árido, tipo BshW, seco e quente caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo (EMBRAPA, 2006) textura arenosa (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização granulométrica do solo.

Areia	Análise granulométrica	
	Silte	Argila
	g kg ⁻¹	
827,5	123,0	49,5

Para a análise da resistência mecânica do solo à penetração (RP) utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf desenvolvido por Stolf et al. (1983), com as seguintes características: massa de 4 kg que provoca impacto quando colocada em curso de queda livre de 40 cm; cone com ângulo sólido de 30° e 1,28 cm de diâmetro; haste com diâmetro de 0,95 cm. A coleta de dados foi realizada com o solo próximo a sua capacidade de campo. Com o intuito de identificação de zonas de maior RP, tomou-se como metodologia a coleta de dados na malha de 50 x 50 m, e uma micromalha com pontos de 10 x 10 m e 5 x 5 m para verificar a variabilidade na microescala, sendo as coordenadas obtidas por meio de um GPS (Sistema de

Posicionamento Global) de navegação com precisão de 7 m. Os dados de RP foram tomados em pontos na projeção da copa da cultura até a profundidade de 40 cm e transformados para MPa (STOLF, 1991).

Para a análise dos dados da RP utilizou-se a estatística descritiva e a geoestatística. A estatística descritiva permitiu a visualização geral do comportamento dos dados, obtendo-se os valores mínimo, médio e máximo, desvio padrão, variância, assimetria e kurtose para RP. Na geoestatística foram construídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, do cálculo da função semivariância e ajustes dos modelos teóricos (VIEIRA, 2000). No ajuste do semivariograma foi observado o maior valor do coeficiente de determinação (R^2), menor valor da soma de quadrados dos desvios (RSS) e maior valor do avaliador dependência espacial (ADE). O ajuste do semivariograma foi realizado “a sentimento”, selecionando-se o modelo e seus parâmetros, sobrepondo-o aos pontos estimados e verificando-se visualmente sua adequação. Os semivariogramas forneceram estimativas dos parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance. O semivariograma apresenta efeito pepita puro quando a semivariância for igual para todos os valores de h . À medida que h aumenta, a semivariância também aumenta até um valor máximo no qual se estabiliza. A análise da dependência espacial (ADE) foi efetuada segundo metodologia descrita por Landim (1998). Em seguida à modelagem dos semivariogramas, foi realizada a interpolação por krigagem ordinária para a estimativa de valores em locais não amostrados e construção dos mapas de isolinhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de RP aumentaram com o aumento da profundidade, sendo maiores nas camadas de 20-30 cm e 30-40 cm (Tabela 2), estando os mesmos, acima do recomendado para Argissolo Amarelo, segundo Sene et al. (1985). Levantamento de solos realizados na região destaca a ocorrência principalmente em Argissolos, com gradiente textural simples e com dupla camada de acumulação de argila entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, isto é, uma dupla zona de adensamento por acumulação de argila, na sequência do topo para o centro do perfil (SILVA et al, 2007), que pode associar aos valores de RP elevados nas camadas 20-30 e 30-40 cm..

Os dados de assimetria e de kurtose apresentam tendência à normalidade, verificando-se, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, que os mesmos encontram-se próximos a zero, enquanto que,

nas demais camadas, os dados distanciaram-se da normalidade, ou seja, distantes de zero, o que pode ser verificado pela variância dos dados.

Tabela 2. Estatística descritiva para a RP nas camadas avaliadas.

Prof. (cm)	Média (MPa)	DP (MPa)	Variância (MPa)	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)	Assimetria	Kurtose
0-10	1,07	0,38	0,14	0,60	1,90	0,33	-0,08
10-20	1,90	0,51	0,26	1,20	3,30	0,46	0,24
20-30	2,30	1,37	1,87	1,20	7,30	2,29	5,51
30-40	3,99	3,41	11,64	1,20	14,10	1,56	1,47

DP: desvio padrão.

O ajuste do semivariograma foi esférico para a maioria das camadas, exceto a camada de 0-10 cm que foi o exponencial (Tabela 3 e Figura 1). O modelo esférico é o mais utilizado e adequado para representação de variáveis relacionadas a planta e ao solo (SALVIANO et al., 1998). O alcance foi menor na camada de 0-10 cm e máximo na camada de 10-20 cm, portanto verifica-se que há correlação entre os pontos amostrados que variou de 68,40 a 132,20 m, respectivamente.

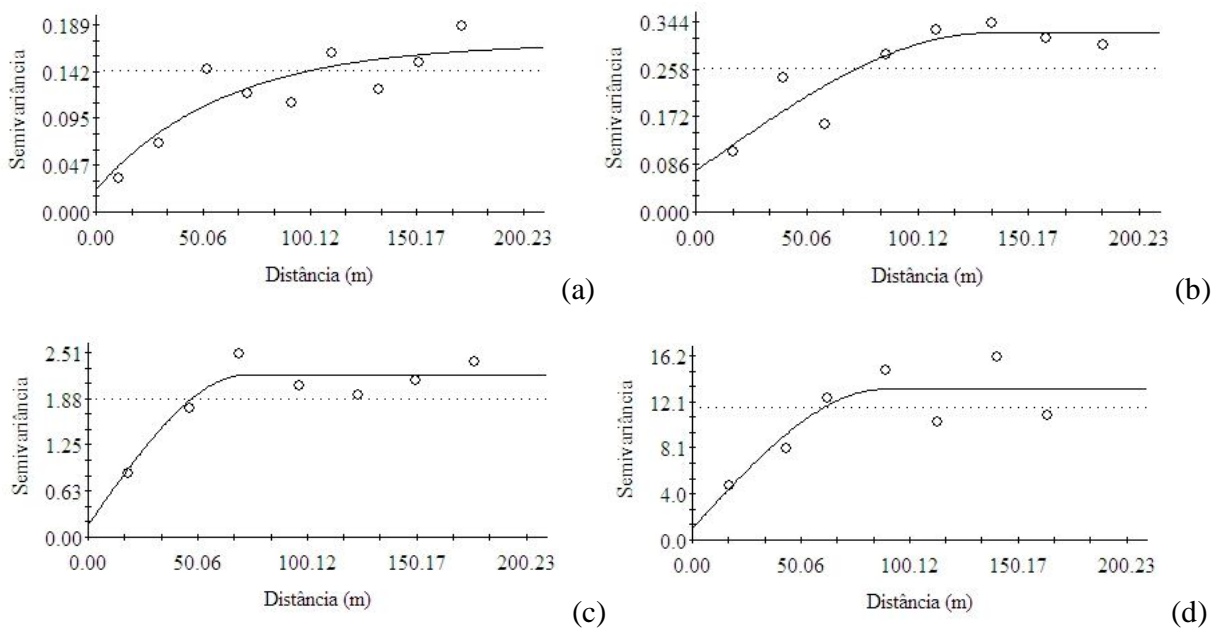
No trabalho de campo foi utilizado espaçamento de 50 m, assim, o intervalo utilizado pode ser tomado com base no alcance. O alcance auxilia no planejamento e na avaliação experimental, e no procedimento de amostragem (McBRATNEY; WEBSTER, 1983). Souza et al., (2006) afirmam que este parâmetro representa a distância em que os pontos amostrais estão correlacionados, e que para a RP o alcance variou de 20 a 30 m para o Latossolo Vermelho, textura argilosa. Verificou-se que neste trabalho o alcance foi maior que 50 m, indicando que a malha amostral foi adequada para o Argissolo Amarelo e para futuros trabalhos pode-se optar por malhas maiores.

Constatou-se que a dependência espacial foi alta, verificado pelo avaliador de dependência espacial (ADE), segundo Landim (1998). Cambardella et al. (1994) afirmam que a dependência espacial (ADE), segundo Landim (1998). Cambardella et al. (1994) afirmam que a dependência espacial forte dos atributos do solo pode ser atribuída a fatores intrínsecos como, material de origem, relevo, clima, organismos e tempo; e a dependência espacial fraca pode ser atribuída a fatores extrínsecos, como, adubação, calagem, preparo do solo, tráfego de maquinaria agrícola.

Tabela 3. Dados do semivariograma ajustado para a RP nas camadas de solo avaliadas.

Prof. (cm)	Modelo	Co	Co+C	Ao (m)	r ²	RSS	ADE
0-10	Expon.	0,001	0,14	68,40	0,72	0,004	0,98
10-20	Esférico	0,07	0,32	132,2	0,80	0,009	0,77
20-30	Esférico	0,17	2,20	72,20	0,87	0,22	0,92
30-40	Esférico	1,01	13,22	88,20	0,71	26,20	0,92

Co: Efeito pepita; Co+C: Patamar; Ao: Alcance (m). ADE: avaliador de dependência espacial. RSS: resíduo.

**Figura 1.** Semivariogramas ajustados para a RP nas camadas de 0-10 cm (a), 10-20 cm (b), 20-30 cm (c) e 30-40 cm (d).

Verifica-se que para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade (Figura 2 “a” e “b”) não houve grandes variações nos valores da RP. Tal fato pode ser explicado: pela textura arenosa do solo ($\text{areia} = 827,5 \text{ g kg}^{-1}$) e, pelo não armazenamento nessa camada, normalmente, dos efeitos das cargas dos rodados das máquinas. Para as camadas de 20-30 e 30-40 cm (Figura 2 “c” e “d”) observa-se, em alguns pontos, valores de resistência próximo ou superiores aos 6,0-7,0 MPa, considerado limite de RP para solos arenosos (SENE et al., 1985). As zonas de maior RP foram encontradas nas extremidades da área, em função de intensa manobra de máquinas.

Observa-se aumento da resistência a penetração do solo com o aumento da profundidade, visto que, se trata de uma cultura perene e o manejo com máquinas faz com que as camadas de

20-30 cm recebam a carga. Ainda que, como não há preparo periódico do solo, a cada manejo da área com máquinas, pode-se indicar um aumento da resistência a penetração, sendo as cargas armazenadas nas camadas de 20-30 e 30-40 cm. Além disso, este valor pode estar associado à característica do solo conforme observado por Silva et al. (2002) em função de translocação de argila do horizonte A para o B, acarretando modificações no empacotamento de partículas ou unidades estruturais ou, também, estar relacionado com redução da matéria orgânica em profundidade e com ciclos repetidos de umedecimento e secagem no solo.

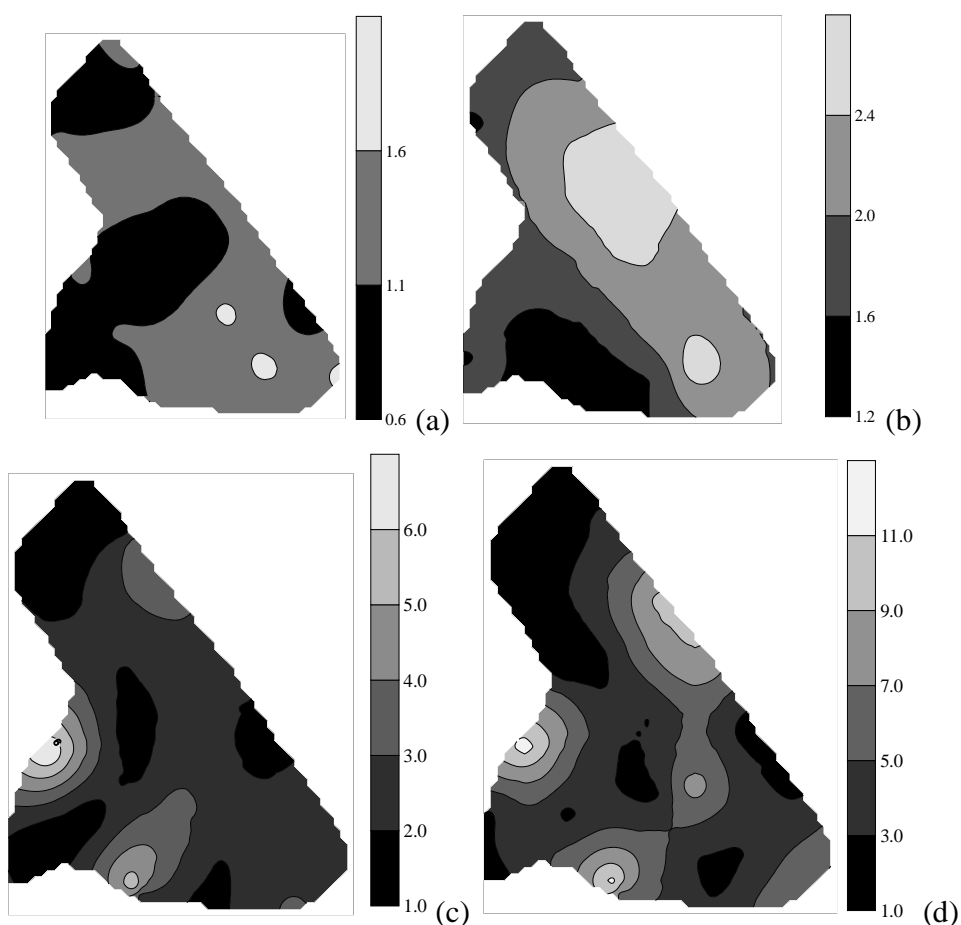


Figura 2. Mapa de isolinhas da resistência a penetração do solo (MPa) nas camadas de 0-10 cm (a), 10-20 cm (b), 20-30 cm (c) e 30-40 cm (d).

CONCLUSÃO

A resistência a penetração do solo apresentou variabilidade espacial ao longo da área, de modo a apresentar zonas com valores acima do limite para o Argissolo Amarelo, indicando

necessidade de intervenção e remoção.

A resistência a penetração do solo apresentou valores acima do limite nas camadas de 20-30 e 30-40cm, por receberem a carga do tráfego de máquinas e em função de processos pedogenéticos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, pela concessão da bolsa de estudo do segundo autor.

REFERÊNCIAS

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, n.27, p.146-151, 2007.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP, 1997. 132p.

CAMBARDELLA, C.A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.58, p.1501-1511, 1994.

CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R.P.; FERNANDES, A.L.T. **Compactação do solo em cafeicultura irrigada**. Uberaba: UNIUBE, 2004. 44p. (UNIUBE - Boletim Técnico, n.3).

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amstredam, n.120, p.201-214, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p. 169-177, 2005.

IJIMA, M.; KONO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, n.60, p.130-138, 1991

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: FUNEP, 1998. 226p. (Ciência e tecnologia).

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? **Soil Science**, Baltimore, v.135, n.3, p.177-183, 1983.

MEROTTO, A.J.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.23, p.197-202, 1999

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade Espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.22, p.115-122, 1998.

SENE, M.et al. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.49, p.422-427, 1985.

SILVA, M.S.L. da et al. Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.314-320, 2002.

SILVA, G. J.; SOUZA, J. C de; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.30, p.31-40, 2006.

SILVA, M.S.L. da et al. **Adensamento e compactação de solos irrigáveis da zona semiárida do nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 8p. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica 38)

SOUZA, Z.M.et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.25, p.699-707, 2001.

SOUZA, Z.M. de et al. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p. 829-836, 2006.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de formulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.15, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J. ; FURLANI NETO, V. Penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar – STOLF. **STAB**, Piracicaba, v1, n.3, p.18-23, 1983.

TAVARES FILHO, J.; EIRA, G. C.; LUDWIG FARINHA, L.R. Avaliação da compactação em um solo cultivado no sistema convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p. 219-225, 1999.

TROEH, F.R. Landform equations fitted to contour maps. **American Journal of Science**, New Haven, v.263, p.616-627, 1965.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F; ALVAREZ V., V.H.; SHAEFER, C.E.G.R. (eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.1. 2000. p.1-54.