

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTADO DE COMPACTAÇÃO DO SOLO EM UM SÍTIO EXPERIMENTAL DE *Mimosa scabrella* Benth

Hadson Hoffer¹; Aline Bernarda Debastiani²; Rorai Pereira Martins Neto²; Renata Diane Menegatti¹; Sílvio Luis Rafaeli Neto³

¹Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UDESC. (hoffer.hadson@gmail.com). Lages/SC – Brasil.

²Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UDESC.

³Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090 – Conta Dinheiro – Lages/SC.

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

O mapeamento de atributos físicos e químicos do solo vem sendo otimizados com o aumento do uso de sistemas de posicionamento global associado a técnicas de geoestatística, permitindo o entendimento da variabilidade desses atributos, fornecendo melhor suporte às tomadas de decisão. Objetivou-se com a realização deste trabalho, avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em uma área de plantio experimental de bracatinga, localizada na fazenda experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), município de Lages – SC. A área de estudo abrange aproximadamente 0,85 hectares, e foi anteriormente ocupada por vegetação de campo e atividades de pecuária. A determinação da resistência do solo à penetração foi realizada a partir de 28 pontos amostrais distribuídos de forma aleatória na área de estudo, com o auxílio de um penetrômetro digital, até a profundidade de 45 cm, em intervalos de 5 cm de profundidade. Os dados foram analisados utilizando técnicas de estatística descritiva e geoestatística. Verificou-se que a resistência à penetração está entre 1 e 2 Mpa o que é crítico, porém provavelmente não deve dificultar o desenvolvimento das plantas presentes no plantio experimental de bracatinga. Foi observada uma baixa dependência espacial dentro dos limites determinados pelo alcance dos semivariogramas, tornando-se necessário uma amostragem mais densa da área.

PALAVRAS-CHAVE – bracatinga; compactação do solo; semivariograma; geoestatística.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL COMPACTATION STATE IN AN EXPERIMENTAL SITE OF *Mimosa scabrella* Benth

ABSTRACT

The mapping of physical and chemical properties of soil has been improve with the increase of the use of global positioning pystem associated to geostatistical techniques, allowing knowledge the variability of these attributes, providing better support for decision-making. The aim of this work was to evaluate the spatial

variability of soil resistance to penetration in an experimental planting area of bracinga, located on experimental farm of Agroveterinárias Sciences Center at Santa Catarina State University (CAV/UDESC), Lages – SC. The area of study is about 0,85 hectares, occupied by farming activities before. The determination of soil resistance to penetration was realized from 28 sample points distributed randomly in the study area, with a digital penetrometer, until the 45 cm depth, in 5 cm depth interval. The data were analyzed by using descriptive statistics and geostatistics. Was verified that the soil resistance to penetration were between 1 and 2 Mpa, but probably it should not have difficulty in the plant development in experimental planting of bracinga. Was observed a low spatial dependence within certain limits by the ranges of semivariograms, becoming necessary a new sampling denser of the area.

KEYWORDS–bracinga; soil compaction; semivariogram geostatistics.

INTRODUÇÃO

A densidade do solo influencia na produção florestal e agrícola, na medida em que afeta diretamente o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de água para as plantas. Podendo ser definida como a massa existente em um volume total de solo, obtidos em uma amostra indeformada (CÂMARA JÚNIOR, 2012). Medir a resistência mecânica à penetração do solo é uma forma indireta de se obter indícios do seu estado de compactação e respectivo estado de sua densidade. O uso de penetrômetros para medir a resistência à penetração se justifica pela praticidade e rapidez na obtenção dos dados (SILVA et al., 2004).

Por outro lado, o manejo exercido em um sítio de produção pode provocar alterações nas características físicas naturais do solo. Áreas pedologicamente iguais podem apresentar variabilidade espacial distinta quando submetidas a diferentes práticas de manejo. O manejo do solo influencia principalmente no acúmulo de material orgânico, o qual age na estrutura e porosidade do solo, no movimento de água no solo, compactação do solo e erosão hídrica (CAMARGO et al., 2010).

Mapas de variabilidade espacial são fontes de informação nos processos decisórios visando gerenciar os processos de produção florestal. GREGO & VIEIRA (2005) ressaltam a importância de mapas de atributos do solo, gerados por meio de krigagem, para a verificação e interpretação da variabilidade espacial. Estes mapas auxiliam no entendimento da variabilidade das propriedades físicas e hídricas do solo, as quais dão suporte à tomada de decisão.

Estudos concluíram que a variabilidade espacial da densidade, resistência à penetração e teor de umidade no solo apresentam dependência espacial ou correlação (SOUZA et al., 2004; ROQUE et al., 2008). CAVALCANTE et al. (2011), avaliaram a variabilidade espacial de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho, sob diferentes usos e manejos no estado do Mato Grosso do Sul. A amostragem foi realizada em 64 pontos distribuídos de em uma malha regular de 2 x 2 m. Através do ajuste de semivariogramas, concluíram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial, com exceção do teor de água no solo na profundidade de 30 - 45 cm.

Avaliações sobre a variabilidade espacial da resistência à penetração realizados por BOTTEGA et al. (2011) em um Latossolo Vermelho Distroférrico em um sistema de plantio direto com sucessão de culturas. Foram coletadas amostras de RP em um grid de 25 x 25 m em uma área experimental que continha 5,02 ha. A análise geoestatística utilizada foi o ajustamento de semivariogramas e o índice de

dependência espacial, concluíram que todas as profundidades apresentaram moderado grau de dependência espacial e que nas camadas de solo 12 e 16 cm possuíam a maior resistência à penetração.

ZONTA et al. (2014) estudaram como os atributos de fertilidade em um Latossolo Vermelho-amarelo, ocupado por plantio de algodão, variam espacialmente utilizando semivariogramas e mapas de krigagem. O estudo foi realizado em Cristalina – GO e adotaram grid de amostragem de 80 x 80 m. Por meio das análises, concluíram que a dependência espacial encontrada nas propriedades químicas do solo indica que a variabilidade espacial deve ser considerada no planejamento de coleta de amostras e nas práticas de manejo do solo.

As variabilidades das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação foram avaliadas de maneira especializada por LEITE et al. (2015). A amostragem foi baseada em uma malha de 30 x 30 m em um Argissolo Vermelho-amarelo. A partir dos mapas gerados por meio de semivariogramas, observaram a necessidade de aumento na entrada de carbono por meio de espécies com alto aporte de resíduos.

Práticas conservacionistas ou de remediação podem ser adotadas a partir do conhecimento do estado de compactação do solo. Este estado pode ser estimado pela resistência do solo à penetração e sua determinação em campo pode ser realizada com o uso de penetrômetros (ANDRADE et al., 2013) ou penetrógrafos. Estudos que correlacionam a variabilidade espacial do estado de compactação do solo com o crescimento de plantas já foram realizados (SOUZA et al., 2010; ACOSTA et al., 2014), e através destes pode-se concluir que essas relações ocorrem e que devem ser consideradas na elaboração e no gerenciamento de planos de manejo.

A compactação dos solos reduz a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas, além de dificultar o desenvolvimento radicular destas, gerando como consequências menor desenvolvimento, diminuição da capacidade de absorção de água no solo, perdas econômicas, entre outras (CALONEGO et al., 2011).

Plantios de espécies florestais carecem deste tipo de estudo, principalmente aqueles que utilizam de espécies nativas. A *Mimosa scabrella* Benth., popularmente conhecida como bracatinga, é uma espécie florestal nativa, de grande interesse econômico, principalmente devido ao seu potencial energético, e atualmente vem sendo implantada em plantios florestais homogêneos e em projetos de recuperação de áreas degradadas (MAZUCHOWSKI, 2012), desta forma estudos que avaliem a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração, são de grande relevância.

Objetivou-se com a realização deste trabalho, avaliar a dependência espacial da resistência do solo à penetração, em diferentes profundidades, em uma área onde foi implantado recentemente um povoamento experimental de bracatinga.

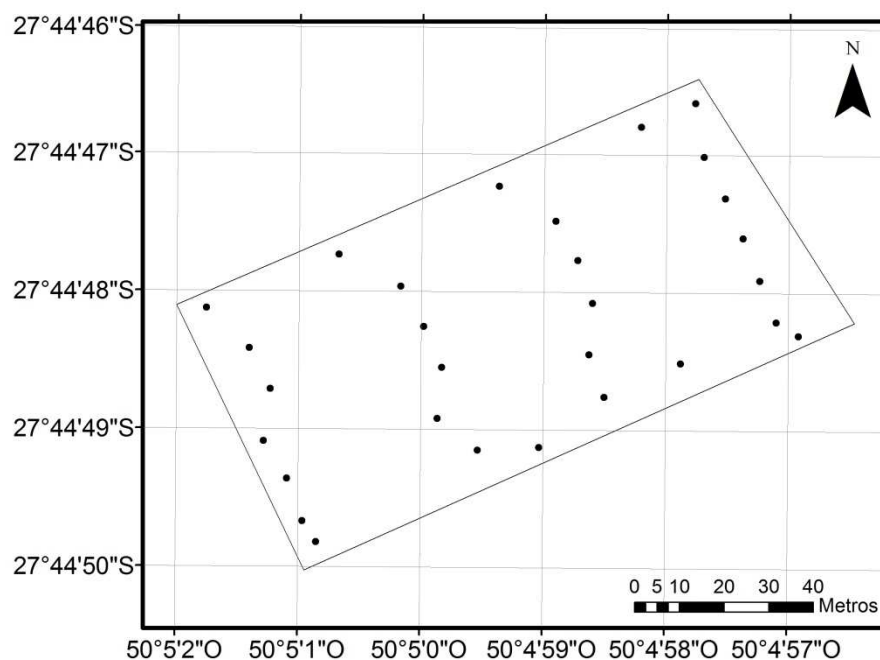
MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um recente plantio florestal de bracatinga, com área de aproximadamente 0,85 ha, localizado na fazenda experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), município de Lages –SC. As coordenadas geográficas são 27°45' de latitude sul e 50°04' de longitude oeste, com altitude média de 1.020 m (IBGE 2012). O solo é do tipo Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006) e o histórico anterior de uso do solo envolve a ocupação por campo e atividades de pecuária.

Para a avaliação da resistência do solo à penetração, foi utilizado o penetrógrafo digital modelo PLG 1020 penetroLOG Falker, operado manualmente e dependente da força e velocidade de penetração empreendidos pelo operador junto a haste metálica com extremidade em cone. A profundidade foi medida indiretamente por um sistema do tipo sonar, cujas ondas são emitidas sobre uma placa reflexiva posicionada sobre a superfície do solo.

Em dezembro de 2014 foram coletadas as variáveis de profundidade (cm) e resistência do solo à penetração (Mpa). Os dados coletados foram transferidos para o computador e tabelados em planilhas eletrônicas para posterior análise.

Foram selecionados 28 pontos para a coleta dos dados distribuídos conforme ilustrado na Figura 1, onde cada ponto corresponde a um bloco de plantas com diferentes procedências de material genético. Este procedimento foi escolhido para posterior estudo pelo qual será verificado se há correlação entre o crescimento e desenvolvimento das mudas de bracatinga com o estado de compactação do solo. Foi medido em cada ponto, em uma repetição, a resistência do solo à penetração (RP) de 0 a 45 cm de profundidade em intervalos de 5 cm.



Legenda

- Pontos Avaliados
 - Área de estudo
- Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Sirgas 2000

FIGURA 1. Área de estudo com os 28 pontos amostrais utilizados para levantamento da variável resistência do solo à penetração (RP).

A resistência do solo à penetração foi analisada através de parâmetros estatísticos descritivos tais como: média aritmética, mediana, desvio padrão, coeficiente variação, teste W de normalidade (Shapiro-Wilk) (SHAPIRO & WILK, 1965) e pelo semivariograma.

O semivariograma é uma função matemática definida para representar o nível de dependência entre duas variáveis aleatórias (VIEIRA,

2000). Os parâmetros do semivariograma levados em consideração foram: Alcance (a) que é a distância dentro do qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente; Efeito pepita (C_0) que por definição $y(h) = 0$, entretanto a medida que h tende a zero, $y(h)$ se aproxima de um valor positivo, esse valor revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras; Patamar (C_0+C) cujo valor do semivariograma que corresponde ao seu alcance e Contribuição (C_1) que representa a diferença entre o patamar e o efeito pepita.

Os modelos de semivariograma comumente utilizados e que foram testados são: Exponencial (Equação 1), Esférico (Equação 2), Gaussiano (Equação 3) e Linear (Equação 4).

$$y(h) = C_0 + C[1-\exp(-h/A)] \quad (1)$$

$$y(h) = C_0 + C[1.5(h/A) - 0.5(h/A)^3] \text{ para } h < A; y(h) = C_0 + C \text{ para } h \geq A \quad (2)$$

$$y(h) = C_0 + C[1-\exp(-h^2/A^2)] \quad (3)$$

$$y(h) = C_0 + [h(C/A)] \quad (4)$$

O ajuste do semivariograma foi realizado com o auxílio do aplicativo GS+, na versão 7.0. A seleção dos modelos foi realizada com base no coeficiente de determinação (R^2).

A avaliação da estrutura da variabilidade dos dados foi realizada através dos parâmetros semivariográficos. Com base nestes valores, foi calculada a razão da dependência espacial entre as diferentes profundidades de avaliação da RP (Equação 5), utilizando a classificação proposta por CAMBARDELLA et al. (1994).

$$RD = [C/(C_0+C_1)]*100\% \quad (5)$$

Na Equação 5, RD é a razão de dependência espacial, C_0 é o efeito pepita e C_0+C_1 o patamar. A dependência espacial, segundo Cambardella et al (1994), é considerada forte quando RD for $\leq 25\%$, moderada quando está entre 25% e 75% do patamar e fraca quando o efeito pepita é $\geq 75\%$ do patamar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores na faixa de 0 – 5 cm foram descartados devido ao elevado coeficiente de variação, atribuído à camada vegetal sobre o solo. O número de repetições para cada profundidade foi distinto, já que em alguns locais não foi possível avaliar a penetração devido à presença de rocha. Os valores a RP nas profundidades de 5 – 10, 10 – 15, 25 - 30 e 40 - 45 cm foram 0,326, 1,487, 1,286, 1,207, 1,252, 1,457, 1,608, 1,577 MPa, respectivamente (Tabela 1).

A maioria dos valores de RP neste estudo situam-se na faixa de 1 e 2 Mpa. TORMENA & ROLOFF (1996) afirmam que valores de RP iguais ou superiores a 2 MPa são restritivos e impedem o crescimento das raízes. Valores entre 1 Mpa e 2 Mpa são críticos, mas não interferem significativamente no desenvolvimento e crescimento das plantas. Portanto, o estado de compactação do solo no sítio de produção deve interferir de forma limitada no desenvolvimento das mudas de bracatinga que compõe a área.

De modo geral, houve aumento da RP com o aumento da profundidade do cone. Os maiores valores de RP encontram-se nas camadas mais profundas do solo, o que pode ser atribuído à ação agrícola de impacto, como o subsolador, durante o preparo para plantio florestal. Outra causa poderia estar na umidade do solo ser menor nas camadas mais profundas. Contudo, esta variável não foi medida, de modo que esta hipótese não pode ser testada.

TABELA 1. Estatística descritiva Valores de média (em MPa), mediana (em Mpa), desvio padrão (DP), mínimo (Mín. em MPa), máximo (Max em MPa), coeficiente de variação (CV em %) e teste de Shapiro Wilk (W) para resistência à penetração, nas profundidades (5 - 10; 10 - 15; 15 -20; 20 - 25; 25 - 30; 30 - 35; 35 - 40 e 40 - 45 cm).

Estatística	Resistência do solo à penetração (MPa)							
	Profundidade (cm)							
	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45
	1	2	3	4	5	6	7	8
Média	0,326	1,487	1,286	1,207	1,252	1,457	1,608	1,577
Mediana	0,247	1,392	1,287	1,245	1,237	1,492	1,655	1,577
DP	0,280	0,309	0,254	0,234	0,317	0,384	0,413	0,402
CV (%)	85	21	20	19	25	26	26	25
Mínimo	0,023	0,982	0,757	0,835	0,595	0,596	0,595	0,510
Máximo	0,990	2,273	1,848	1,616	1,863	2,196	2,235	2,598
(W)	0,872 ^{NS}	0,956*	0,983*	0,945*	0,965*	0,974*	0,896 ^{NS}	0,964*
Nº de amostras	21	28	28	27	27	27	26	26

ns = não significativos a 5% de probabilidade. * significativo, apresentando distribuição normal.

Segundo PIMENTEL (1987), para a experimentação agrícola valores de coeficiente de variação superiores a aproximadamente 20% são considerados altos. Os valores de desvio padrão (DP) podem ser considerados altos para todas as profundidades avaliadas (Tabela 1). Na camada de 5 a 10 cm, o valor médio de RP apresentou um coeficiente de variação de 85%. Uma causa provável para este valor está em que os valores registrados pelo penetrógrafo sofrem grande influência da velocidade de penetração. Considerando que a operação do equipamento foi manual, constatou-se que o operador tende a estabilizar a velocidade de penetração depois que o cone atinge profundidades maiores. Portanto, a causa desta variação poderia estar no operador e não a fatores físicos de solo.

A RP apresentou normalidade dos dados, com exceção das camadas de 5 - 10 cm e de 35 - 40 cm (Tabela 1). A não normalidade pode estar associada à maior variabilidade dos dados, conforme pode ser constatado pelos respectivos desvios-padrões. De modo geral, é possível afirmar que a RP tende a ajustar-se à normalidade, fato este corroborado pelos resultados de Acosta et al. (2014). Os autores constataram normalidade da RP nas profundidades de 5 cm, 7 cm, 10 cm, 12 cm, 20 cm e 30 cm e distribuição não normal para a profundidade de 15 cm, um Cambissolo Háplico submetido ao uso como campo de futebol.

A RP apresentou dependência espacial em todas as profundidades. A dependência espacial se apresentou fraca na primeira, sexta e oitava camadas (5 - 10; 30 - 35 e 40 - 45 cm) e moderada nas demais (Tabela 2).

TABELA 2. Parâmetros estimados dos semivariogramas gerados na avaliação da RP, dependência espacial (Fr: fraca, Mo: moderada) e modelo ajustado aos semivariogramas.

Ordem	Profundidade	C ₀	C ₀ +C ₁	a	RD	R ²	DE	Modelo
1	05 - 10	100,0	68400,0	575,1	98%	0,702	Fr	Esférico
2	10 - 15	100,0	110200,0	17,6	71%	0,655	Mo	Gaussiano
3	15 - 20	100,0	64190,0	12,12	63%	0,513	Mo	Gaussiano
4	20 - 25	100,0	61550,7	84,98	70%	0,236	Mo	Linear
5	25 - 30	100,0	97000,0	14,54	73%	0,584	Mo	Gaussiano
6	30 - 35	100,0	150900,0	22,5	84%	0,911	Fr	Esférico
7	35 - 40	100,0	178341,9	21,65	64%	0,359	Mo	Gaussiano
8	40 - 45	100,0	189400,0	46,5	86%	0,870	Fr	Exponencial

Das oito profundidades avaliadas, para quatro delas o modelo gaussiano foi o que melhor representou os dados, seguido dos modelos esférico, exponencial e linear, sendo cada um responsável pelo melhor modelo em duas das profundidades avaliadas. Estudos como os de SALVIANO et al., (1998) e SOUZA et al., (2001) apontam que os modelos esférico e exponencial são os modelos de maior ocorrência para atributos químicos e físicos do solo. Os maiores R² encontrados neste estudo estão atribuídos a estes dois modelos, nas camadas 1, 6 e 8.

Os alcances nas camadas 2, 3, 5, 6 e 7 variaram em torno de 17,12, 14, 22 e 21 m, ou seja, abaixo da distância entre as linhas de amostragem (em média 35 m). O alcance, segundo ANDRIOTTI (2013), representa uma zona de influência que separa as observações correlacionadas das independentes, ou seja, os dados que se encontram acima do alcance não se correlacionam espacialmente.

Isto pode indicar duas possibilidades: a) que a distância entre as linhas de amostragem pode não ter sido suficiente para capturar a variabilidade espacial da RP nestas profundidades, necessitando de distância menor; b) sendo a distância amostral suficiente, que nestas profundidades a variabilidade espacial é maior que nas demais. Contudo, analisando esta última com o coeficiente de variação relativamente homogêneo nas camadas, e com o R² expressivo nas camadas 1, 6 e 8, é possível concluir da necessidade de aumentar a densidade amostral em estudos futuros. Desta forma, haveria a possibilidade de melhorar o R² das demais camadas com os modelos esférico e exponencial. A Figura 2 representa o ajuste dos semivariogramas para a RP.

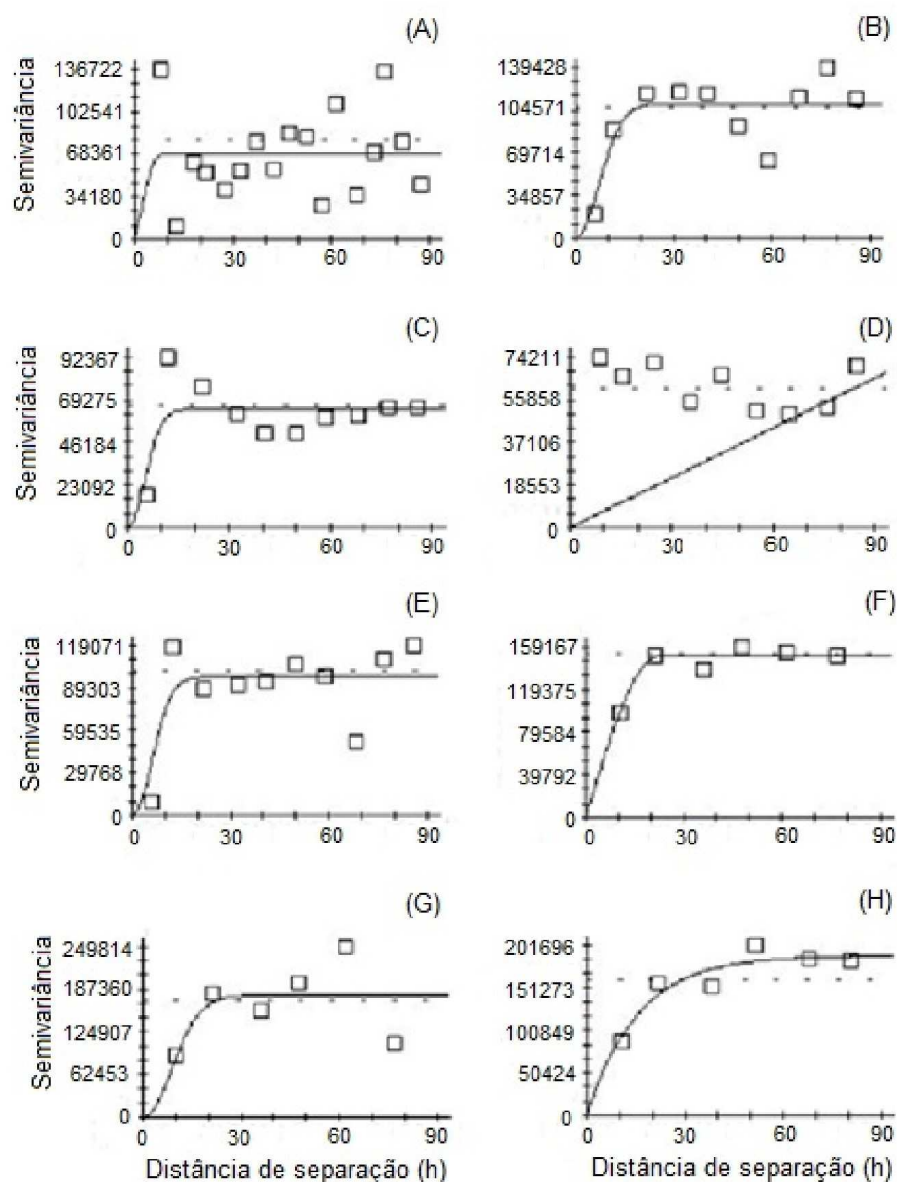


FIGURA 2. Semivariogramas da resistência do solo à penetração: a) Profundidade de 5 – 10 cm, modelo esférico; b) profundidade de 10 – 15 cm, modelo gaussiano; c) profundidade de 15 – 20 cm, modelo gaussiano; d) profundidade de 20 – 25 cm, modelo linear; e) profundidade de 25 – 30 cm, modelo gaussiano; f) profundidade de 30 – 35 cm, modelo esférico; g) profundidade de 35 – 40 cm, modelo gaussiano; h) profundidade de 40 – 45 cm, modelo exponencial.

CONCLUSÃO

O estado de compactação do solo no sítio de produção apresentou variabilidade vertical e horizontal. Na vertical, as camadas mais profundas encontram-se mais compactadas que as camadas superiores do solo. A RP tende a ajustar-se à normalidade, contudo, algumas camadas não produziram normalidade dos dados, o que pode ser atribuído à sua maior dispersão. Na horizontal a RP

apresentou dependência espacial moderada pelos modelos gaussiano e linear, e fraca pelos modelos esférico e exponencial.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, L. T.; SILVA, V. R.; SANTI, A. L.; KAISER, D. R.; BISOGNIN, M. B. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um campo de futebol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.198, p.1885-1899, 2014.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; GODOY, S. G. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v. 17, p. 932-937, 2013.

ANDRIOTTI, J. L. S; **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. Editora UNISINOS. 3ª ed.166 p. 2013.

BAGGIO, A. J. Estudio sobre el agroflorestal tradicional de la bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: productividad, manejo de residuos y elaboración de compost. (Doutorado) Madrid: **Universidad Politécnica de Madrid**, 242p. 1994.

BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista brasileira de ciências agrárias**, v. 6, n. 2, p.331-336, 2011.

CALONEGO, J.C.; GOMES, T.C.; SANTOS, C.H. & TIRITAN, C.S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, v. 27, n.2, p.289-296, 2011.

CÂMARA JÚNIOR, C. L. Avaliação da compactação do solo por meio de um ensaio oedométrico. Dissertação do programa de pós-graduação em ciência do solo, **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, p.73, 2012.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.617-630, 2010.

CAMBARDELLA, C. A.; MOOMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEM, D. L.; TURVO, R. F.; KONOPA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.15, n.3, p.237-243, 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. E.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306p. 2006.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.2, p.169-177, 2005.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 271 p. 2012.

LEITE, F. C.; FERREIRA, J. S.; VELOSO, M. E. C.; MOUSINHO, F. E. P.; ROCHA JUNIOR, A. F. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.19, n.4, p.394-401, 2015.

MAZUCHOWSKI, J. Z. Sistema de produção de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) sob técnicas de manejo silvicultural. Tese (Doutorado em Silvicultura), Setor de Ciências Agrárias, **Universidade Federal do Paraná**. Curitiba, 218p. 2012.

PIMENTEL, F. G. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ/USP, 467p. 1987.

REGENSBURGER, B. Estímulo à sucessão secundária para a recuperação de uma área degradada pela mineração de argila, Campo Formoso/Doutor Pedrinho-SC. Monografia. Universidade Regional de Blumenau. 2000. 54p.

ROQUE, W. R.; MATSURA, E. E.; SOUZA, Z. M.; BIZARI, D. R.; SOUZA, A. L. Correlação linear e espacial entre a resistência do solo ao penetrômetro e a produtividade do feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1827- 1835, 2008.

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, v. 22, n. 1, p. 115-122, 1998.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. *Biometrika*, v.52, n.3 and 4, p.591-611. 1965.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINER, D. J. Variabilidade espacial da resistência à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.399-406, 2004.

SOUZA, Z. M.; CERRI, D. G. P.; COLET, M. J.; RODRIGUES, L. H. A.; MAGALHÃES, P. S. G.; MANDONI, R. J. A. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvores de decisão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p.840-847, 2010.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. C. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.51-58, 2004.

SOUZA, Z. M.; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L.; CAMPOS, D. T. S.; CARVALHO, M. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Sevilria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 699-707, 2001.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.333-39, 1996.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F. de; Alvarez, V. V. H.; Schaefer, (ed.), C. E. G. R. **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.18, n.6, p.595-602, 2014.