

Variabilidade Espacial da Resistência Mecânica do Solo à Penetração com Penetrômetro Eletrônico e de Impacto

Spatial Variability of Soil Compaction Using Electronic and Impact Penetrometers

Elder Barboza de Souza¹, Jorge Wilson Cortez²

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da compactação de um solo com intenso tráfego de máquinas com o uso de dois penetrômetros, o eletrônico e o de impacto. Foram coletados dados de resistência mecânica do solo à penetração (RP) em malha de 25 m x 25 m e micromalha de 2,5 m, no caminhamento frontal e lateral dentro dos 25 m, no Campus das Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Petrolina, PE. Com o uso da geostatística, foram confeccionados mapas de espacialização da RP para cada camada do solo de 0,10 m até a profundidade de 0,60 m. Diferenças espaciais da RP foram observadas comparando os penetrômetros em todas as camadas, sendo a maior variabilidade observada para os dados coletados com o penetrômetro de impacto. A profundidade da RP máxima no perfil do solo utilizando o PNI oscilou entre 0,40 m e 0,55 m, já com o PNE, a

¹Graduando em Engenharia Agrônoma, Bolsista FACEPE, Universidade Federal do vale do São Francisco (Univasf), Petrolina, PE, elder.barboza@hotmail.com.

³Professor Adjunto, Univasf, Petrolina, PE, jorge.cortez@univasf.edu.br.

variação ficou entre 0,08 m e 0,23 m. A avaliação da compactação deve ser realizada por um penetrômetro sem comparação com outros modelos, pois pode levar a resultados equivocados.

Palavras-chave: agricultura de precisão, resistência à penetração, geostatística.

Introdução

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos, como o de solo, influencia a produtividade, sendo esse um dos primeiros passos para adoção, com êxito, do sistema de agricultura de precisão (CORÁ, et al., 2004) que é compreendida como o gerenciamento do processo de produção em função dessa variabilidade espacial (CARVALHO et al., 2002).

Dentre os fatores que podem comprometer a produtividade, a compactação do solo é apontada por impedir o desenvolvimento radicular. A detecção dessas camadas compactadas pode ser feita por equipamentos denominados penetrômetros, os quais simulam a resistência mecânica do solo à penetração de raízes (RP) e tem auxiliado no planejamento das práticas agrícolas (MIOLA et al., 2009). A praticidade e rapidez na obtenção de resultados de RP são apontadas na justificativa da utilização desses aparelhos para medir o estado de compactação do solo.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de compactação em um solo com intenso tráfego de máquinas e sua variabilidade espacial com o uso de dois penetrômetros, o eletrônico (PNE) e o de impacto (PNI).

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), em Petrolina, PE. O solo é classificado como Argissolo Amarelo com textura média, segundo a classificação da Embrapa (1999).

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi realizada com o penetrômetro de impacto (PNI) modelo IAA/Planalsucar-Stolf, desenvolvido por Stolf et al. (1983). A metodologia utilizada é a proposta por Stolf (1990), em que é contabilizado o

número de impactos de um peso num curso constante, e a partir do número de impactos, obtém-se a RP. O penetrômetro eletrônico (PNE) utilizado segue as recomendações da norma internacional ASAE S.313.3 que especifica as regras e procedimentos para a medição de compactação do solo. Os pontos de coleta de RP foram distribuídos em uma malha regular de 25 m x 25 m, sendo utilizada uma micromalha de 2,5 m no caminhamento frontal e outra no caminhamento lateral para avaliar a variabilidade espacial entre os 25 m. Para a visualização geral do comportamento dos dados, foi utilizada a estatística descritiva. Os dados de RP foram submetidos ao teste de normalidade de Ryan-Joiner similar ao Shapiro-Wilk. Para geração dos mapas bidimensionais, foi empregada a geoestatística, utilizando-se a Krigagem como interpolador.

Resultados e Discussão

Com os resultados obtidos com o PNI, pôde-se observar aumento da média de RP no perfil da camada 0 cm -10 cm até a camada 40 cm – 50 cm, diminuindo novamente na camada 50 cm – 60 cm (Tabela 1). Com o PNE, o aumento do índice de RP só é observado da camada 0 cm – 10 cm a 10 cm – 20 cm (Tabela 2). Os valores médios de RP encontrados com PNE não caracterizam o solo como impeditivo para desenvolvimento radicular que são considerados de 3,5 a 6,0 MPa para Torres e Saraiva (1999), divergindo consideravelmente dos valores encontrados com PNI.

Tabela 1. Dados da estatística descritiva para resistência mecânica do solo à penetração (MPa) nas camadas avaliadas utilizando penetrômetro de impacto.

Estatística descritiva	Camadas (cm)						RP Max. No perfil	Prof. Da RP Max.
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60		
Média	0,96	3,23	6,62	18,6	24,2	17,4	27,25	45,152
Mediana	1,24	2,6	3,27	9,69	19,5	14,8	22,18	45
Desvio Padrão	0,34	4,29	9,8	28	20,7	13,4	26,8	5,545
Variância	0,11	18,4	96	782	428	179	718,4	30,746
Mínimo	0,57	0,57	1,24	1,24	1,24	1,92	3,27	35
Máximo	1,24	32,3	62	153	121	67,4	153,22	55
CV (%)	35,1	133	148	150	85,7	77	98,36	12,28
Assimetria (As)	-0,31	5,48	3,64	3,11	2,33	2,01	2,85	0,15
Curtose (k)	-1,96	34,3	16,2	10,4	7,56	4,77	9,36	0,27
Normalidade (Ryan-Joiner)	1.000	0,632	0,736	0,754	0,885	0,894	0,820	0,995
P	>0,100	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	>0,100

*: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). **: distribuição não normal pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). CV.: coeficiente de variação. P: probabilidade.

Tabela 2. Dados da estatística descritiva para resistência mecânica do solo à penetração (MPa) nas camadas avaliadas utilizando penetrômetro

Estatística descritiva	Camadas (cm)						RP Max. No perfil	Prof. Da RP Max.
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60		
Média	0,82	2,46	0,66	0,09	0,04	0,05	4,0663	15,263
Mediana	0,74	2,74	0,00	0,00	0,00	0,00	4,076	15
Desvio Padrão	0,51	1,09	1,4	0,62	0,42	0,46	0,7068	5,594
Variância	0,26	1,18	1,95	0,39	0,18	0,21	0,4996	31,297
Mínimo	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,134	5
Máximo	2,44	4,66	4,56	4,37	4,12	4,47	5,7	39
CV (%)	62,8	44,3	212	666	975	975	17,38	36,65
Assimetria (As)	0,85	-0,82	1,75	6,77	9,75	9,75	-0,25	1,48
Curtose (k)	0,3	0,27	1,26	44,8	95	95	0,18	4,49
Normalidade (Ryan-Joiner)	0,97	0,963	0,991	0,877	1.000	1.000	0,995	0,950
P	<0,010	<0,010	>0,010	<0,010	>0,100	>0,100	>0,100	<0,010

*: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). **: distribuição não normal pelo teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk). CV.: coeficiente de variação. P: probabilidade.

Os dados de RP foram submetidos à análise de semivariância onde foram obtidos os modelos normalizados esférico e exponencial, que preconizam que a distância do alcance seja 95% do patamar. O grau de dependência espacial dos modelos ajustados foi forte para quase todas as variáveis, exceto RP na profundidade de 0,20 m – 0,30 m e RP max. com PNE e RP na profundidade de 0,50 m – 0,60 m e RP max. com PNI.

A distribuição espacial dos valores de RP apresentados na Figura 1 para o PNI e Figura 2 para o PNE se mostram discrepantes tanto em aumento de RP no perfil do solo, como na profundidade da RP máx. no perfil podendo levar a erros na realização da profundidade da subsolagem. Resultados discrepantes obtidos com o PNI e o PNE podem ser explicados pela diferença quanto ao princípio de funcionamento dos dois penetrômetros (BEUTLER et al., 2007).

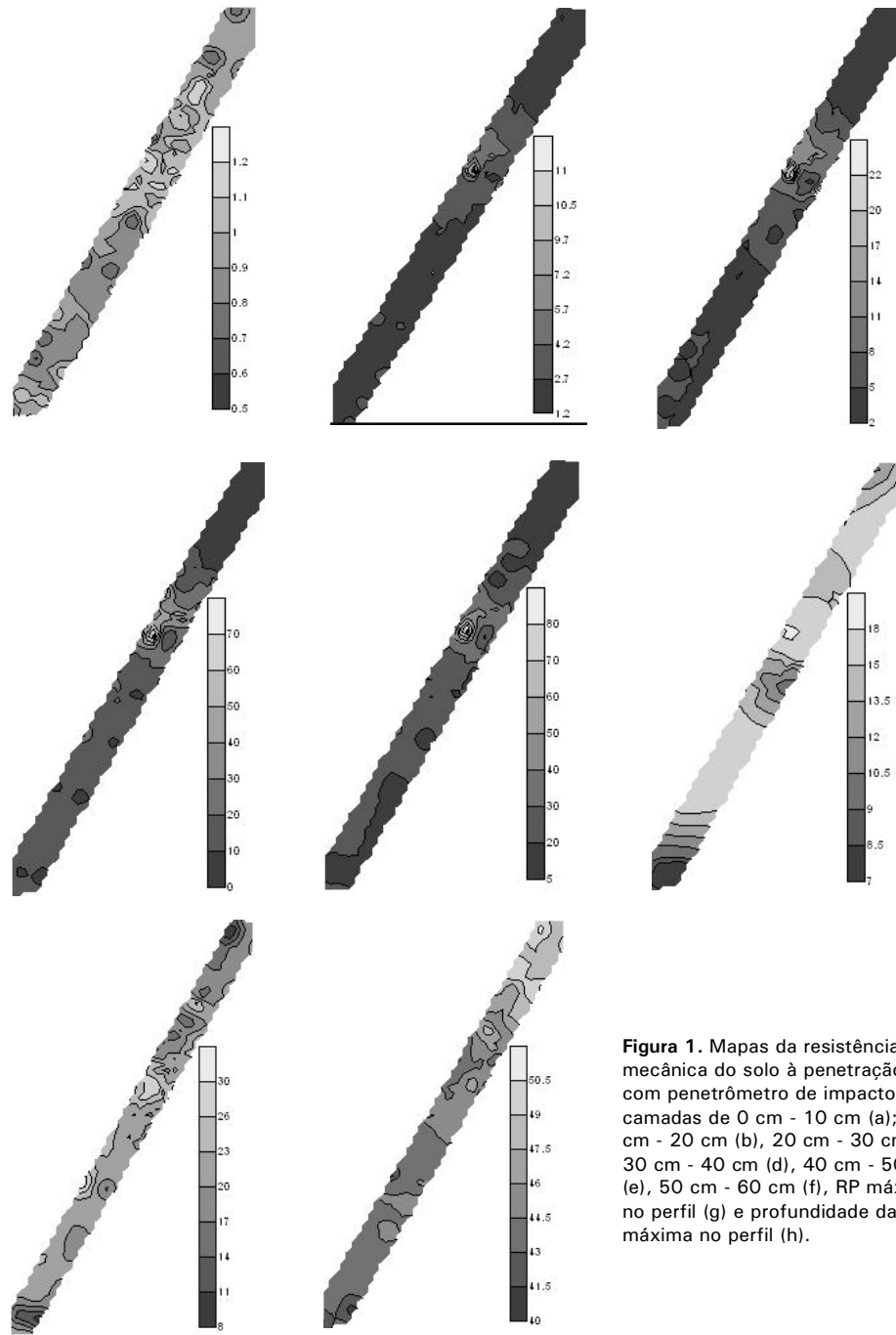


Figura 1. Mapas da resistência mecânica do solo à penetração (RP) com penetrômetro de impacto nas camadas de 0 cm - 10 cm (a); 10 cm - 20 cm (b), 20 cm - 30 cm (c), 30 cm - 40 cm (d), 40 cm - 50 cm (e), 50 cm - 60 cm (f), RP máxima no perfil (g) e profundidade da RP máxima no perfil (h).

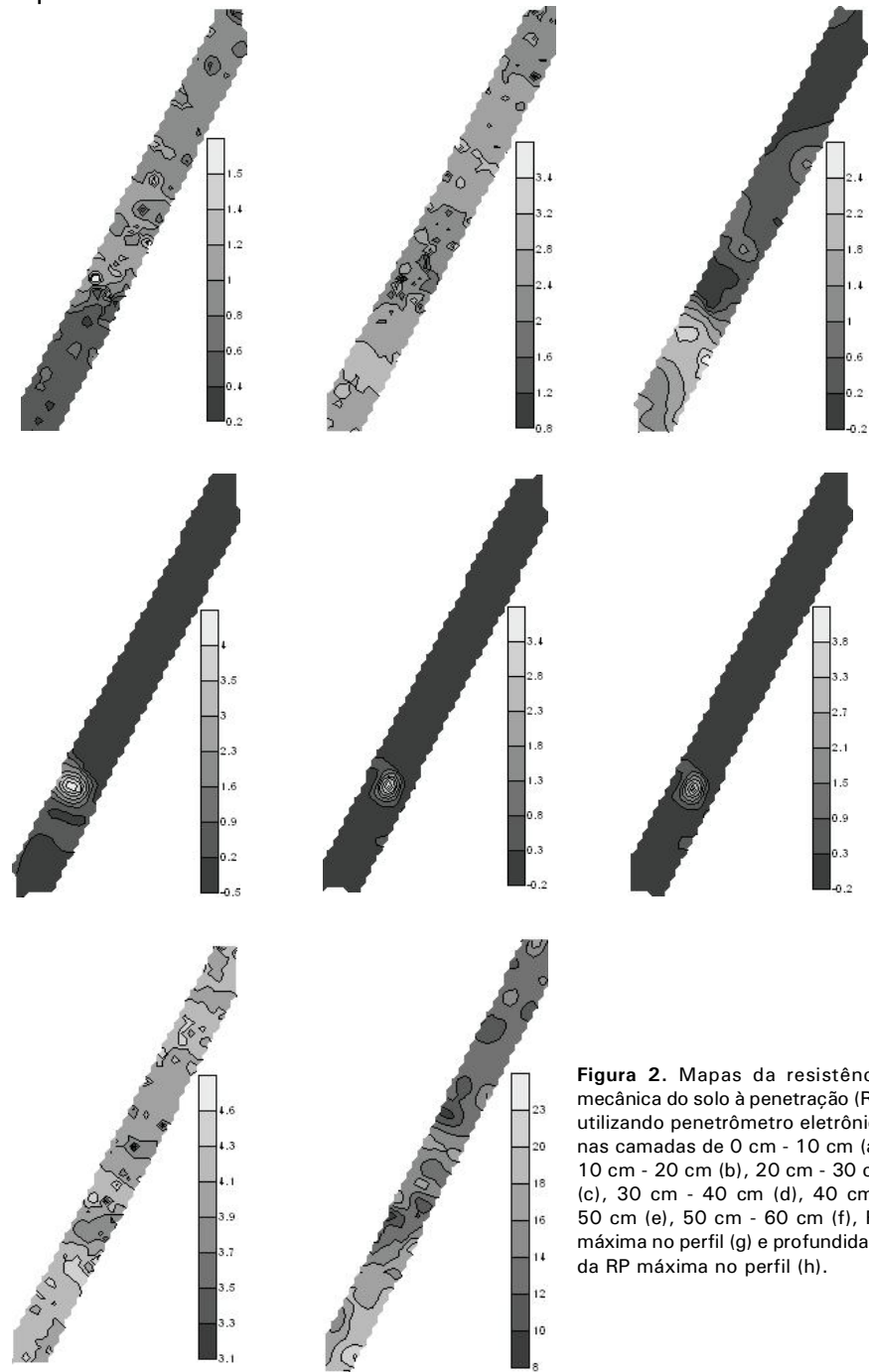


Figura 2. Mapas da resistência mecânica do solo à penetração (RP) utilizando penetrômetro eletrônico nas camadas de 0 cm - 10 cm (a); 10 cm - 20 cm (b), 20 cm - 30 cm (c), 30 cm - 40 cm (d), 40 cm - 50 cm (e), 50 cm - 60 cm (f), RP máxima no perfil (g) e profundidade da RP máxima no perfil (h).

Conclusão

A variabilidade espacial da compactação, medida pela resistência mecânica do solo à penetração, foi elevada em algumas camadas e maior com a avaliação por meio do penetrômetro de impacto. O penetrômetro eletrônico apresentou medidas diferentes das apresentadas pelo penetrômetro de impacto e recomenda-se que use cada equipamento individualmente sem comparação, pois o uso dos dois pode levar a resultados e manejos equivocados.

Agradecimentos

À FACEPE, por ter concedido a bolsa de iniciação científica do graduando Elder Barboza de Souza, ao professor Jorge Wilson Cortez, orientador do projeto de pesquisa, e à UNIVASF, por ter concedido a área experimental para realização do projeto.

Referências

- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, L.M. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p.146-151, 2007.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.
- CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p.1.013-1.021, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- MIOLA, E. C. C.; AQUINO, L. S.; PAULETTO, E. A.; BRAGA, F. V. A.; SCARIOT, E.; MIRITZ, G. K.; VIEGAS, L. S. OLDONI, H.; TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q. Estrutura de variabilidade espacial da resistência mecânica do Solo à penetração de um solo de várzea no Município de Santa Maria – RS. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11.; MOSTRA CIENTÍFICA, 1., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2009.

STOLF, R.; FERNANDES, J. ; FURLANI NETO, V. Penetrômetro de impacto: modelo IAA/Planalsucar – STOLF. **STAB**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

STOLF, R. Fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1990. p. 823-37.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).