

MODELAMENTO DO EFEITO DA UMIDADE E DENSIDADE NA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DOS SOLOS

V. C. Patrizzi¹; C.M.P. Vaz²; M. F. Iossi³; O. Primavesi⁴

1) Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça, R. das Flores 754, Garça-SP; 2) Embrapa Instrumentação Agropecuária, Cx. P. 741, 13560-970, São Carlos-SP; 3) Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, USP, Cx. P. 9, 13418-970, Piracicaba-SP; Embrapa Pecuária Sudeste, Cx. P. 339, 13560-970, São Carlos-SP.

*e-mail: viniciuspatrizzi@bol.com.br

Projeto financiado pela EMBRAPA (MP3 231/02 e 12.098.810-03)

INTRODUÇÃO

A resistência mecânica dos solos é um parâmetro importante que afeta o crescimento das plantas, devido à restrição que causa ao desenvolvimento das raízes, ao fluxo de água, ao transporte e armazenamento de água e nutrientes. O modo mais comum de se medir a resistência do solo é através do uso de penetrômetros, os quais caracterizam a força necessária para inserir um cone de um tamanho padrão no interior do solo (Bradford, 1986).

Cientistas do solo têm relacionado variações da resistência à penetração (RP) causada por cultivo, tráfego ou regiões naturalmente adensadas ao crescimento das raízes, produtividade e propriedades físicas do solo. Por exemplo, correlações entre RP e crescimento de raízes, água e absorção de nutrientes foram apresentadas por Stelluti et al. (1998) e penetrômetros de cone foram utilizados para identificar regiões adensadas naturalmente ou camadas compactadas (Henderson, 1989) ou para previsão de algumas propriedades dos solos (Ayers e Bowen, 1987).

A resistência do solo medida por penetrômetros possui uma dependência bastante complexa com os parâmetros do solos, mas a densidade global (ρ) e a umidade (θ) parecem ser os fatores mais importantes que afetam a RP dos solos. Muitos trabalhos têm sido conduzidos para se entender a influência de ρ e θ na RP em laboratório (Mirreh e Ketcheson, 1972; Ayers e Perumpal, 1982) e campo (Busscher et al. 1997). Em ambos os estudos, de laboratório e de campo, relações empíricas e teóricas foram obtidas. Dentre os diversos modelos propostos para testar essas relações Busscher et al. (1997) sugeriu algumas equações de potência e exponenciais.

No Brasil, penetrômetros de impacto tem sido bastante utilizados em estudos de ciência do solo para se avaliar o efeito de manejos e da compactação do solo (Stolf et al. 1998). Entretanto, pouco tem sido feito para se entender os efeitos da umidade, da densidade e da textura do solo na resistência à penetração. Um entendimento mais completo do efeito desses parâmetros na RP, possibilitará um uso mais adequado do instrumento de penetrometria neste tipo de estudo. O presente trabalho tem como objetivo o modelamento do efeito da umidade e densidade do solo na resistência à penetração medida com um penetrômetro de impacto em 6 classes de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Embrapa Pecuária Sudeste nos seguintes solos: Neossolo Quartzarênico órtico (RQo), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd) e Nitossolo Vermelho eutroférico (NVef).

As medidas da resistência à penetração foram realizadas com um penetrômetro de

impacto da Kamaq modelo Stolf-Planalsucar. Os experimentos foram conduzidos em Janeiro e Fevereiro de 2002 (época úmida) e em Maio e Julho de 2002 (época seca). Após a medida com o penetrômetro foram coletadas amostras indeformadas com anéis de aço (diâmetro de 2 polegadas e 5 cm de altura) para a determinação da umidade e da densidade do solos a cada 5 cm de profundidade, desde a superfície até 60 cm. As medidas da RP foram feitas com 4 repetições nas vértices de um quadrado de 20 cm de lado para cada solo e os anéis coletados no centro do quadrado. O modelamento da influência da umidade e densidade na RP foi realizada com o modelo introduzido por Upadhyaya (1982):

$$RP = a \left(\frac{\rho}{\rho_p} \right)^n \exp(-b\theta) \dots\dots\dots (1)$$

onde ρ_p (g cm^{-3}) é a densidade das partículas do solo e a, n e b, parâmetros de ajuste. O ajuste dos parâmetros a, n e b foram feitos pela minimização do erro quadrático médio, usando a ferramenta *Solver* do *Excell*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

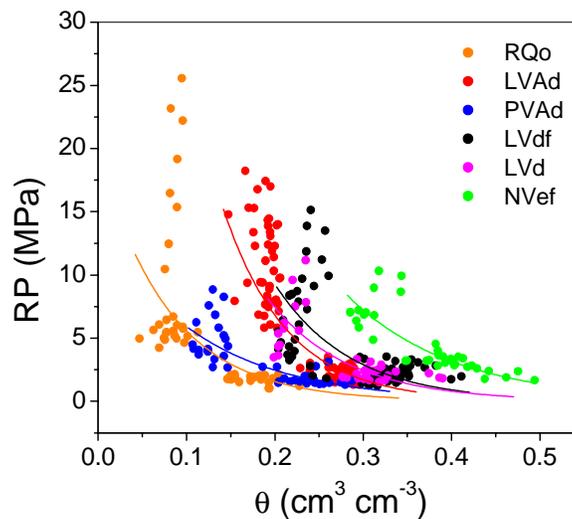


Figura 1. Variação da resistência à penetração em função da umidade medida para 6 solos

Tabela 1. Granulometria dos solos utilizados neste estudo.

Solo	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
RQo	86	6	8
LVdf	43	8	49
LVAd	62	6	32
LVd	43	10	47
PVAd	70	6	24
PVAbt	43	6	51
NVef	18	16	66

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos da medida da RP com o penetrômetro de impacto e a umidade do solo. Observa-se um decaimento exponencial da RP com o aumento da umidade e uma dependência da resposta com o tipo de solo, ou mais especificamente com a textura (Tabela 1). A Tabela 2 apresenta os parâmetros a, b e n, obtidos do ajuste da equação

1 nos dados experimentais obtidos, onde o erro padrão da estimativa variou de 0,7 a 2,4 MPa. A Figura 2 mostra 4 dos 6 solos analisados, com as funções interpoladas para RP em função de θ e vários grupos de ρ .

Tabela 1. Parâmetros da equação 1(a, n e b) ajustados nos dados apresentados na Figura 1. N : número de amostras e EPE : erro padrão da estimativa

Solo	a	n	b	N	EPE
RQo	51498,7	15,35	12,71	53	2,4
LVAd	1370,4	3,67	13,83	81	2,3
PVAd	589,12	6,81	8,76	34	1,4
LVdf	42228,6	7,77	11,63	70	1,6
LVd	6126,2	5,46	11,15	35	1,2
NVef	2075,6	3,29	8,25	36	0,7

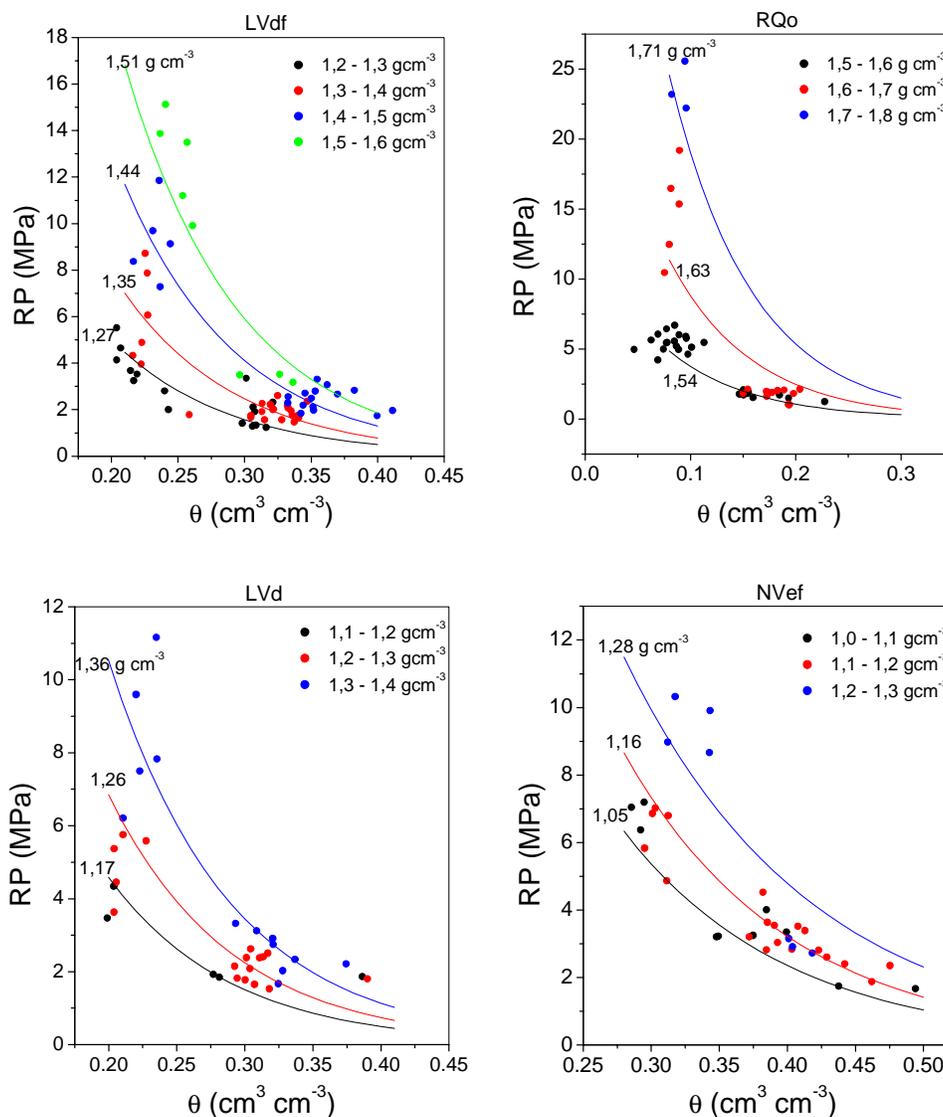


Figura 2. RP em função de θ agrupados em classes de ρ , para os solos LVdf, RQo, LVd e NVef. As linhas contínuas representam as funções interpoladas para valores específicos de ρ .

CONCLUSÕES

A equação de Upadhyaya (1982) apresentou-se como um bom modelo de interpolação para a dependência experimental de RP em função de θ e ρ . As diferenças observadas na resposta de RP com θ entre os solos são devido à variação textural. Com esses resultados é possível se normalizar medidas de RP obtidos em distintas condições de umidade, proporcionando um melhor uso do penetrômetro em estudos de manejo e compactação dos solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, P.D. & PERUMPAL, J.V. Moisture and density effects on cone index. *ASAE Trans.*, 25(5):1169-1172, 1982.
- AYERS, P.D. & BOWEN, H.D. Predicting soil density using cone penetration resistance and moisture profile. *ASAE Trans.*, 30: 1331-1336, 1987.
- BRADFORD, J.M. Penetrability. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Second Edition.* (Ed. A. Klute). Monograph Number 9. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin USA, 1986.
- UPADHYAYA, S.K.; KEMBLE, L.J. & COLLINS, N.E. Cone index prediction equations for Delaware soils. *ASAE Paper*, 82:1452-1456, 1982.
- STOLF, R.; CASSEL, D.K.; KING, L.D. & REICHARDT, K. Measuring mechanical impedance in clayey gravelly soils. *Rer. Bras. Ci. Solo*, 22:189-196, 1998.
- STELLUTI, M.; MAIORANA, M. & DEGIORGIO, D. Multivariate approach to evaluate the penetrometer resistance in different tillage systems. *Soil & Tillage Res.*, 46:145-151, 1998.
- HENDERSON, C.W.L. Using a penetrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and yield of wheat on uniform, sandy soils. *Aust. J. Agric. Res.*, 40:498-508, 1989.
- MIRREH, H.F., KETCHESON, J.W. Influence of bulk density and matric pressure to soil resistance to penetration. *Can. J. Soil Sci.* 52:477-483, 1972.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil Till. Res.*, 43:205-217, 1997.