

Comparação da resistência do solo à penetração entre penetrômetro elétrico-eletrônico e penetrógrafo manual

Fabício Leite¹, João Eduardo Guarnetti dos Santos² e Kléber Pereira Lanças³

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM/CAU, Curso de Agronomia. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

²Universidade Estadual Paulista – UNESP/FEB, Departamento de Engenharia Mecânica, Bauru, SP.

³Universidade Estadual Paulista – UNESP/FCA, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu, SP.

fleite2@uem.br, guarneti@feb.unesp.br, kplancas@fca.unesp.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência do solo à penetração obtida pelo penetrômetro elétrico-eletrônico com a obtida pelo penetrógrafo manual SC-60. Para efetuar o trabalho foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico em um tanque de solo sob uma prensa hidráulica, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, Botucatu/SP. A prensa hidráulica pressionou sobre o tanque de solo um pneu diagonal 23.1-30 com uma força normal de 2,0 kN. Foram feitas 12 determinações de resistência do solo à penetração para cada equipamento, em lados opostos da diagonal maior do pneu/solo, sendo 6 fora da área de contato pneu/solo e 6 dentro da área de contato. Foi feita uma regressão linear simples entre os equipamentos e uma correlação de Pearson, obtendo um coeficiente de correlação de 93,8%. A maior resistência do solo à penetração detectada pelo penetrômetro elétrico-eletrônico foi 2944,96 kPa e a maior registrada pelo penetrógrafo manual foi 2625 kPa.

Palavras chave: compactação, física do solo, projeto de máquinas.

Comparison of the resistance of the soil to the penetration between electric-electronic penetrometer and manual penetrometer.

Abstract: The aim this work was to compare the resistance of the soil to the penetration obtained by the electric-electronic penetrometer with obtained by the manual penetrometer SC-60. To make the work a Latossolo Vermelho distrófico it was used in a soil tank under a hydraulic press, belonging to Agronomic Science College-UNESP, Botucatu/SP. The hydraulic press pressed on the soil tank a diagonal tyre 23.1-30 with a normal force of 2,0 kN. They were made 12 determinations of resistance of the soil to the penetration for each equipment, in opposed sides of the larger diagonal of the tyre/soil, being out inside 6 of the area of contact tyre/soil and 6 of the contact area. It was made a simple linear regression between the equipments and a correlation of Pearson, obtaining a coefficient of correlation of 93,8%. The largest resistance of the soil to the penetration detected by the electric-electronic penetrometer it was 2944,96 kPa and the largest registered by the manual penetrometer it was 2625 kPa.

Keywords: compaction, soil physical, project machines.

Introdução

Os penetrômetros utilizados na determinação da resistência à penetração são basicamente de dois tipos: de impacto e estático, sendo que a maioria dos penetrômetros é do tipo estático, por serem mais simples. O penetrômetro do tipo estático se constitui basicamente de uma sonda, geralmente cônica, que é introduzida lentamente no solo através de uma haste graduada. Na parte superior da haste existe um indicador da carga necessária para a penetração. A média das leituras efetuadas pelo penetrômetro cônico, transformadas em kgf/cm^2 , é chamada Índice de Cone e é utilizada na construção de gráficos. O Índice de Cone é obtido, segundo uma recomendação padrão denominada ASAE R313, onde a força por unidade de área é obtida a uma velocidade uniforme de penetração de 1829 mm por minuto, com leituras a intervalos de 50 mm de penetração, utilizando-se um cone de 20,27 mm de diâmetro na base para solos macios, e 12,83 mm para solos duros. A recomendação é que a haste de suporte deve ter um diâmetro de 15,9 mm e 9,5 mm respectivamente, para solos macios e duros (Balastreire, 1990).

No mundo, e principalmente no Brasil, os penetrômetros e penetrógrafos mais utilizados são manuais, ou seja, o operador do equipamento fornece a força necessária para cravar o cone no solo. Esta operação, além de estar limitada ao esforço máximo que o operador pode fornecer, não garante a velocidade constante de penetração, faltando, portanto, sensibilidade para variar instantaneamente a força de recalque em função das variações naturais de resistência do solo ao longo do perfil avaliado (Lanças, 2000b). Entretanto, a resistência do solo à penetração é frequentemente usada para a indicação comparativa da compactação em solos de mesmo tipo e mesmo teor de água, devido à facilidade, rapidez e baixo custo com que numerosas medidas podem ser realizadas e, posteriormente, analisadas. Além disso, o penetrômetro se constitui em uma boa ferramenta para investigar solos arenosos, nos quais a obtenção de amostras inderformadas se constitui em uma tarefa muito difícil (Castro Neto, 2001).

Voorhees et al. (1978) estudando o tráfego controlado em um solo barro limo argiloso, comparou as técnicas da resistência ao cone e densidade do solo durante cinco anos. O autor considera que a resistência do solo à penetração é uma indicação mais sensível da compactação que a densidade do solo. Cita também que onde os valores de densidade do solo tiveram um aumento de 20% ou menos devido ao tráfego, os valores de resistência ao penetrômetro aumentaram mais de 400%.

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência do solo à penetração por meio do penetrômetro elétrico-eletrônico projetado e desenvolvido para uso em tanques de solo e do penetrógrafo manual.

Material e Métodos

Os ensaios foram executados com amostras de um Latossolo Vermelho distrófico EMBRAPA (1999), de textura arenosa média, teor de água $0,103 \text{ kg kg}^{-1}$ e densidade de $1,30 \text{ kg dm}^{-3}$, em um tanque de solo, pertencente a uma área experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu/SP, localizada geograficamente em $22^{\circ} 51' 22''$ de latitude sul e $48^{\circ} 26' 08''$ de longitude oeste, à 840 metros acima do nível do mar. Para efetuar a compactação no tanque de solo por meio de uma Prensa Hidráulica, foi utilizado um pneu 23.1 - 30, inflado com uma pressão de 194,70 kPa (20 psi). Para a aquisição dos valores de resistência do solo à penetração, foi utilizado um sistema de aquisição de dados CR23X Micrologger. Para efetuar a comparação dos valores de resistência do solo à penetração obtidos pelo penetrômetro elétrico-eletrônico, foi utilizado o penetrógrafo manual SC - 60. O nível de carregamento relativo à força normal aplicada ao solo pelo pneu, por meio de um atuador hidráulico, foi 2,0 kN, sendo esta carga controlada e registrada por meio de um manômetro acoplado ao painel da referida prensa. Para comparar os valores obtidos de resistência do solo à penetração do penetrômetro elétrico-eletrônico e do penetrógrafo manual, no tanque de solo, foram realizadas 6 perfurações dentro da área de contato pneu/solo e 6 externas a essa, para cada equipamento, em lados opostos da diagonal maior imposta pelo pneu, com a finalidade de obter uma regressão linear simples e correlação entre os equipamentos, conforme Figura 1.

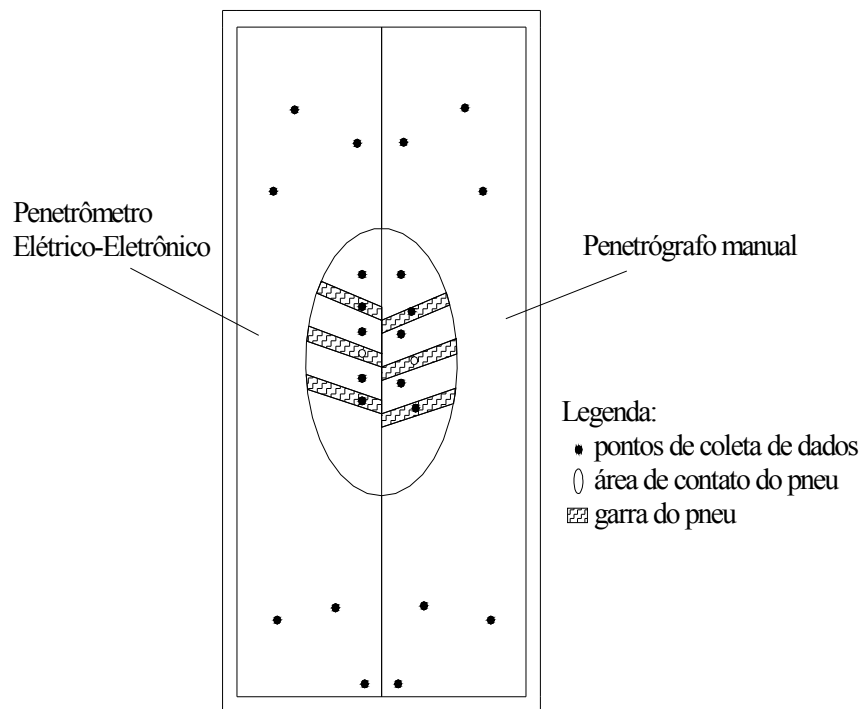


Figura 1 – Esboço da área de contato do pneu/solo e os pontos amostrados no tanque de solo.

Resultados e Discussão

As comparações dos valores obtidos de resistência do solo à penetração pelo penetrômetro elétrico-eletrônico e pelo penetrógrafo manual com teor de água de $0,103 \text{ kg.kg}^{-1}$ e densidade do solo igual a $1,30 \text{ kg/dm}^3$ no tanque de solo, são mostradas nas Figuras 2, 3 e 4. Na avaliação da resistência do solo à penetração fora da área de contato pneu/solo, ilustrada na Figura 2, pode-se observar que o penetrógrafo manual não apresentou sensibilidade suficiente para detectar as diferenças de resistência do solo à penetração entre as 4 camadas de solo existentes no tanque, enquanto o penetrômetro elétrico-eletrônico as diferenciou satisfatoriamente, indicando uma maior sensibilidade do penetrômetro elétrico-eletrônico em detectar pequenas diferenças de resistência do solo à penetração. Provavelmente, este fato se deve à constante velocidade de penetração do penetrômetro elétrico-eletrônico e a não interferência do operador na introdução do equipamento ao solo.

Vale ressaltar que no ponto de amostragem representado pela Figura 2, além de se tratar de um solo desestruturado, este não sofreu a influência do pneu, por estar fora da área de contato pneu/solo. Portanto, a maior variação da resistência do solo à penetração apresentada pelo penetrômetro elétrico-eletrônico sugere uma maior sensibilidade do equipamento, conforme o esperado.

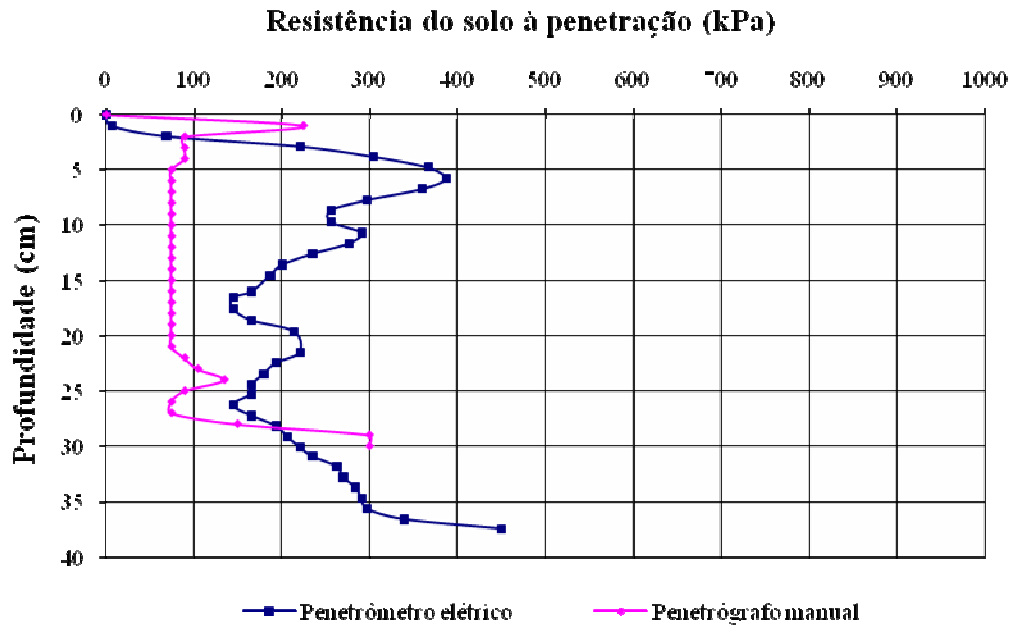


Figura 2 – Resistência do solo à penetração para o penetrômetro elétrico-eletrônico e para o penetrógrafo manual fora da área de contato do pneu/solo no tanque.

As comparações entre o penetrômetro elétrico-eletrônico e penetrógrafo manual, dentro da área de contato do pneu/solo, são mostradas nas Figuras 3 e 4.

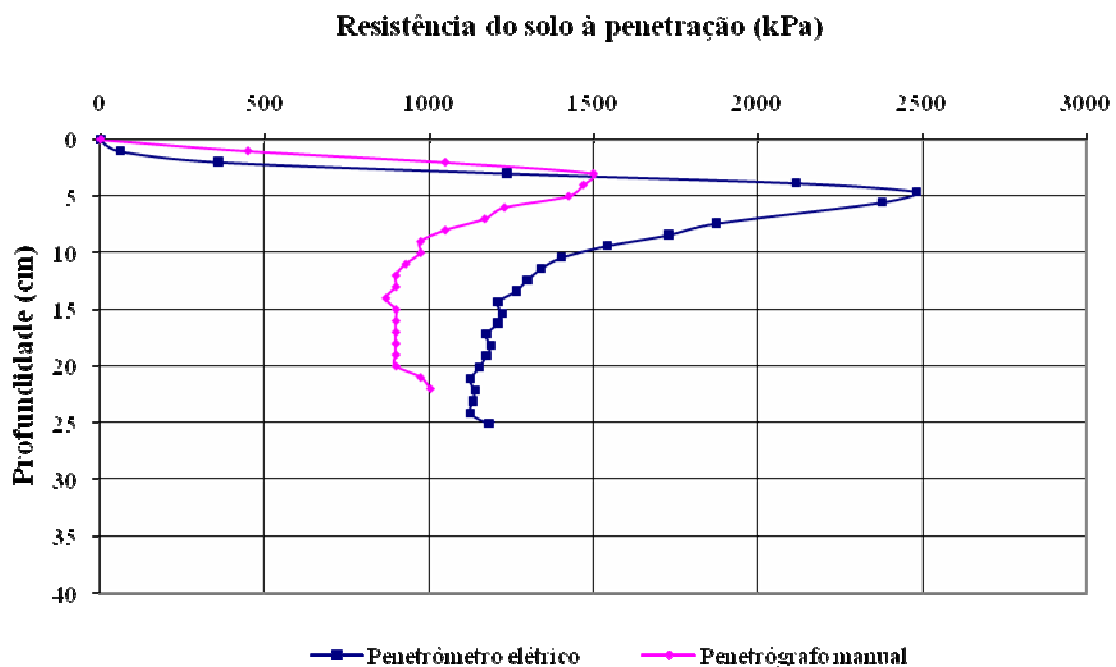


Figura 3 – Resistência do solo à penetração para o penetrômetro elétrico-eletrônico e para o penetrógrafo manual dentro da área de contato do pneu/solo (fora da garra do pneu).

Conforme observado na Figura 3, a resistência do solo à penetração foi maior para o penetrômetro elétrico eletrônico, mostrando maior sensibilidade para detectar a real resistência oferecida à haste que foi de 2,5 MPa, aproximadamente, enquanto que o penetrógrafo manual apresentou resistência do solo à penetração de 1 MPa à menos do que o penetrômetro elétrico eletrônico. Também pode-se observar que a resistência do solo à penetração foi menor, avaliando fora da garra do pneu quando comparado dentro da garra do pneu, conforme observado nas Figuras 3 e 4 respectivamente. Isso mostra que ambos os equipamentos possuem sensibilidade o suficiente para detectar as diferenças entre os locais de avaliação.

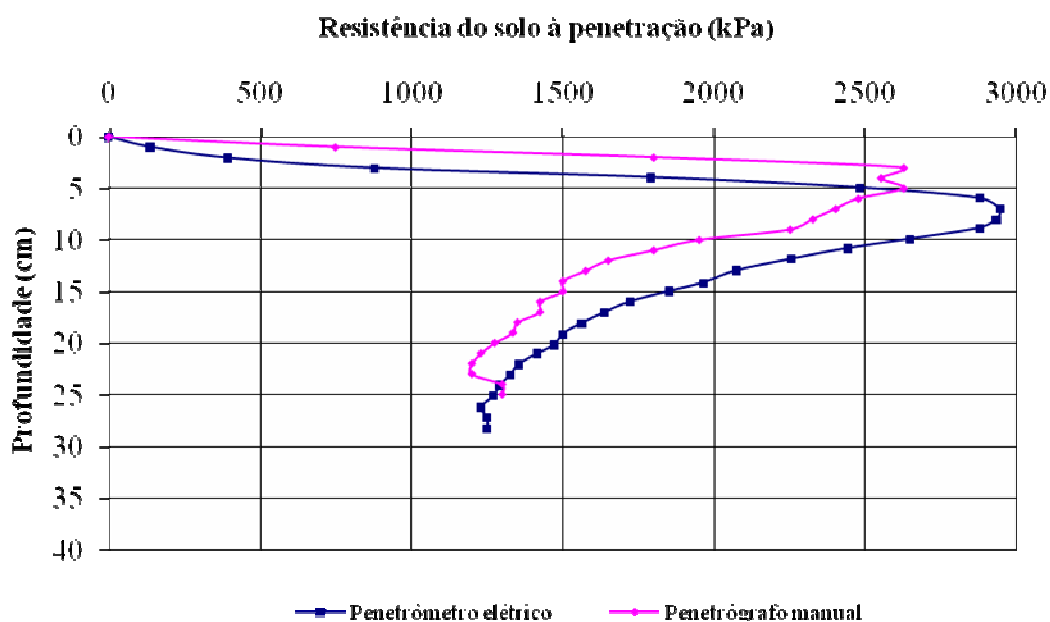


Figura 4 – Resistência do solo à penetração para o penetrômetro elétrico-eletrônico e para o penetrógrafo manual dentro da área de contato do pneu/solo (dentro da garra do pneu).

Observando as Figuras 2, 3 e 4 o penetrômetro elétrico-eletrônico apresentou valores de resistência do solo à penetração maiores do que o penetrógrafo manual. Entretanto, estes resultados não conferem com Santos (1998), que comparou os valores obtidos em campo entre um penetrômetro hidráulico-eletrônico e penetrógrafo manual SC 60 para o Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho escuro, Latossolo Roxo e Terra Roxa estruturada, estando estes sob dois teores de água no solo (seco e úmido). Os resultados obtidos de resistência do solo à penetração pelo penetrômetro hidráulico-eletrônico foram menores do que os registrados com o penetrógrafo manual, em todas as situações amostradas no campo.

Por outro lado, Camargo (1983), comenta que penetrômetros diferentes, em solos iguais apresentam valores diferentes de resistência do solo à penetração.

A Figura 5 mostra uma regressão linear simples feita para os dados de resistência do solo à penetração obtidos pelo penetrômetro elétrico-eletrônico e penetrógrafo manual.

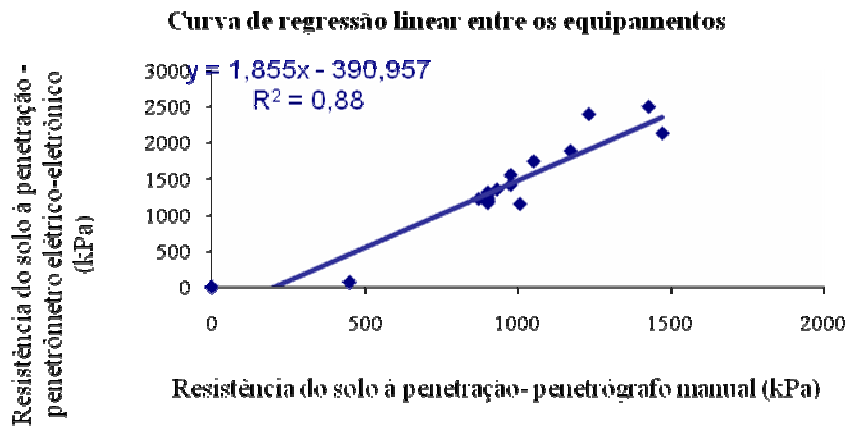


Figura 5 – Relação linear simples entre o penetrômetro elétrico-eletrônico e penetrógrafo manual.

Analisando a Figura 5, observa-se que o penetrômetro elétrico-eletrônico e o penetrógrafo manual têm comportamentos semelhantes, ou seja, à medida que aumentam os valores de resistência do solo à penetração obtidos pelo penetrômetro elétrico, aumentam também os valores obtidos pelo penetrógrafo. Desta forma, de posse dos valores pode-se estimar os valores de resistência do solo à penetração para o penetrômetro elétrico e vice-versa de acordo com a equação de regressão descrita na Figura 5. A Correlação de Pearson entre o penetrômetro elétrico-eletrônico e o penetrógrafo manual foi positiva e significativa ao nível de 1% de probabilidade, sendo o coeficiente de correlação de 93,8%.

Conclusão

O penetrômetro elétrico-eletrônico operou de maneira satisfatória apresentando uma boa sensibilidade em relação ao penetrógrafo manual ao detectar pequenas variações de resistência do solo à penetração. A correlação entre o penetrômetro elétrico-eletrônico e penetrógrafo manual foi positiva e significativa a 1% de probabilidade, com um coeficiente de correlação de 93,8%.

Referências

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. 1ed. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1990, 307p.

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

CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados à dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. 2001, 155p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

LANÇAS, K.P. Diagnóstico e controle localizado da compactação do solo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO/SEMINÁRIO ESTADUAL DA CULTURA DO ALGODÃO,5. 2000, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, p.25-32.

SANTOS, C.A. **Projeto e construção de um penetrômetro hidráulico-eletrônico**. 1998, 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

VOORHEES, W.B.; SENST, C.G.; NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by traffic in the northencorn belt. **Soil Science Society American Journal**, Los Angeles, v. 42, n. 4, p. 344-49, 1978.

Recebido em: 12/11/2009

Aceito para publicação em: 02/02/2010