

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE TRABALHO DA HASTE DO ESCARIFICAADOR

MARIA ALBERTINAMONTEIRO DOS REIS¹, CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI², ROBERTO NUNES MAIA³, JOSÉ VAGNER LOURENÇO MONTEIRO⁴

¹ Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola (Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal do Ceará (DENA/UFC) – Fortaleza/CE. mralbertinars@gmail.com.

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. De Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará (UFC/DENA) – Fortaleza/CE. E-mail: ca.chioderoli@ufc.br.

³ Engenheiro Mecânico, Doutorando em Engenharia Agrícola (Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal do Ceará (DENA/UFC) – Fortaleza/CE. robertonmaia@yahoo.com.br

⁴ Graduação em Ciência Agrárias, Fazenda Amway Nutrilite do Brasil – Ubajara/CE. vagner.monteiro@amway.com

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Os impactos pelo uso e manejo do solo, podem ser quantificados através de diversos atributos, como densidade, porosidade e resistência à penetração das raízes. A condutividade elétrica é usada na agricultura de precisão para prever o comportamento do solo com relação às suas propriedades físicas e químicas, podendo orientar como corrigir ou melhorar a produtividade. O objetivo do presente trabalho é avaliar a resistência mecânica do solo e os efeitos da condutividade elétrica em função da profundidade de trabalho, avaliando dois parâmetros utilizados para o cálculo das distâncias entre as hastes. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Vale do Curu, no município de Pentecoste, CE. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas profundidades de trabalho e dois parâmetros para o cálculo das distâncias, com cinco repetições. Serão avaliadas as seguintes variáveis: resistência mecânica do solo à penetração, condutividade elétrica e teor de água no solo. Os dados serão submetidos à análise de variância e quando significativos será realizada a comparação das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). É possível concluir que a profundidade de trabalho de 0,15m com distância entre as hastes de 0,30 m apresentou menos resistência mecânica à penetração.

PALAVRAS-CHAVE: solo, condutividade elétrica, mobilização.

MECHANICAL RESISTANCE OF SOIL TO PENETRATION AS A FUNCTION OF THE DEPTH OF WORK AND DISTANCE OF THE SCARFER ROD

ABSTRACT: The impacts by the use and management of the soil, can be quantified through attributes, such as density, porosity and resistance to the penetration of the roots. Electrical conductivity is used in precision agriculture to predict soil behavior with respect to its physical and chemical properties, and may guide how to correct or improve productivity. The objective of the present work was to evaluate the mechanical strength of the soil and the values of the electrical conductivity as a function of the depth of work and distances between the shafts of the scarifier. The work was carried out in the Experimental Farm of Curu Valley. The experimental design used was in randomized blocks, in a 2 x 2 factorial scheme, with two depths of work and two distances between stems, with five replications. The following variables were evaluated: soil mechanical resistance to penetration, electrical conductivity and soil water content. The data were submitted to analysis of variance and, when significant, the means were compared by the Tukey test ($p < 0,05$). It was finished the depth of work of 0.15

m with distance between the rods of 0,30 m provided lower value of mechanical resistance of the soil to the penetration.

KEYWORDS: soil, electric conductivity, mobilization.

INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se a necessidade de altas produtividades das culturas agrícolas. Uma das consequências desta necessidade é a crescente demanda de energia associada à intensificação do uso de máquinas agrícolas mais robustas e maiores, afetando, significativamente, a compactação do solo, a qual atua direta e indiretamente de modo negativo sobre a produtividade das culturas visto que modifica diversos atributos físicos do solo, entre eles: densidade, resistência à penetração, macro e microporosidade e capacidade de retenção de água (GASSEN, *et al.*, 2014).

O uso intenso da mecanização pode provocar alterações na estrutura do solo, modificando seus agregados, sendo assim, proporciona condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas, devido à formação de camadas compactadas, as quais ocasionam redução do volume de poros, aumentando a densidade do solo (MACAHDÓ *et al.*, 1997).

A compactação altera a estrutura do solo, influenciando, assim, na taxa de infiltração de água no solo. De acordo com Lanzanova *et al.* (2007) a compactação reduz a taxa de infiltração e aumenta o escoamento superficial, fato esse que limita a disponibilidade de água para as plantas.

Em solos compactados, o sistema radicular das plantas concentra-se próximo à superfície devido à dificuldade de penetração no solo e a busca de água e nutrientes que se encontrarão mais próximos a superfície devido à baixa infiltração (CANILLAS & SALOKHE, 2001). Dessa forma, as plantas serão mais susceptíveis a déficits hídricos e terão menor eficiência em absorver os nutrientes (ROSOLEM *et al.*, 1994).

Segundo Corwin & Lesch (2005) a condutividade elétrica da solução do solo tem sido utilizada como indicador no monitoramento das características do solo, dentre elas: salinidade, textura, umidade, densidade, matéria orgânica, CTC, lixiviação, classes de drenagem e recarga de lençol freático. Nesse sentido, Silva *et al.* (2000), também, destaca que a determinação da condutividade elétrica da solução do solo é importante para verificar a disponibilidade de nutrientes, determinar o potencial osmótico e a presença de íons tóxicos (SILVA *et al.*, 2000).

Nesse sentido, torna-se importante conhecer a influência da resistência mecânica do solo à penetração, que é um fator que pode determinar a presença de camadas adensadas no solo, assim como o comportamento da condutividade elétrica no solo para indicar características do solo.

Objetivou-se com esse trabalho estudar a resistência mecânica do solo, a umidade e os efeitos da condutividade elétrica em função da profundidade de trabalho, avaliando dois parâmetros utilizados para o cálculo das distâncias entre as hastes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curu, da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste. Conforme a classificação de Köppen (1923), a região do estudo é definida como BSw'h', que indica semiárido com chuvas irregulares, precipitação anual de 800,9 mm, temperatura média anual de 27,1 °C e umidade relativa média do ar de 74% (EMBRAPA, 2001). O solo da área experimental foi classificado como Planossolo de textura Franco Arenosa.

TABELA 1. Caracterização textural do solo da área experimental.

Caracterização da área			
Profundidade (m)	Areia Total	Silte	Argila
0 – 0,10	524,88	311,25	164,25
0,10 – 0,20	516,63	305,00	178,18
0,20 – 0,30	503,69	321,25	174,94
0,30 – 0,40	524,13	303,13	172,69

Na operação de escarificação foi utilizado o escarificador TATU Marchesan, modelo AST/MATIC 450, configurado com três hastes, ponteira alada de 0,15 m, quatro discos de corte lisos de 18” fixos, sistema de segurança de desarme automático. O controle da profundidade de trabalho foi realizado por meio dos pneus do escarificador, com o auxílio de anéis presos ao cilindro hidráulico.

O escarificador foi tracionado pelo trator BM120 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 88,26 kW (120 cv) com motor na rotação de 2000 rpm, com a tração dianteira ligada, equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro com pneus 14.9-24 R1 e traseiro 18.4-34 R1, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2, com cinco repetições, sendo duas profundidades de trabalho (P1 – 0,15 m e P2 – 0,35 m) e dois parâmetros para o cálculo da distância entre hastes (2,0 e 2,5), totalizando 20 unidades experimentais, com 3 m de largura e 20 m de comprimento.

As distâncias entre as hastes foram definidas em função das profundidades de trabalho estabelecidas e dos parâmetros que se deseja avaliar para os cálculos dessas distâncias, como mostra as Equações 1 e 2.

A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada com o uso do penetrômetro de impacto, que é constituído por um peso para provocar impacto e uma haste com um cone na ponta para a penetração no solo. A penetração da haste é obtida pelo impacto de uma massa (4 kg) em queda livre de uma certa altura h (metros). A cada impacto são registrados os valores do deslocamento x (metros), os quais são convertidos em resistência à penetração (Mpa), através da equação descrita por Stolf (1991) (Equação 3).

A condutividade elétrica foi medida no campo (aparente) pelo método da reflectometria no domínio do tempo (TDR), em que mede-se o tempo de percurso de um pulso eletromagnético ao longo de um caminho, constituído por uma sonda. Este tempo de percurso está relacionado com a constante dielétrica média do meio no qual a sonda é inserida. Pela medida da impedância da carga resistiva através da sonda, a condutividade elétrica pode ser calculada por meio da Equação 4 (GIESE & TIEMANN, 1975).

A umidade gravimétrica do solo foi medida através das amostras retiradas em campo para cada parcela nas profundidades de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 m. As amostras foram pesadas no local e levadas para laboratório, onde foram colocadas na estufa por 24 horas (EMBRAPA, 2011).

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os tratamentos avaliados a resistência mecânica do solo à penetração aumentou a medida em que a profundidade também aumentava. Esse fato pode ser justificado, devido ao efeito em superfície do escarificador no solo, ou seja, em maiores profundidades o escarificador não conseguiu romper as camadas compactadas.

A dificuldade no rompimento das camadas compactadas em maior profundidade, também, pode ser justificada pela distância entre hastes utilizadas serem maiores que o ideal, deixando solo sem efeito do rompimento causado pelas hastes.

A partir da profundidade de 0,2 m observou-se que a resistência mecânica do solo à penetração foi maior que 2 Mpa, que é considerada crítica para o desenvolvimento das plantas (Taylor *et al.*, 1966). Os tratamentos avaliados apresentaram comportamento semelhantes com relação à resistência à penetração, dessa forma, nenhum dos tratamentos foi eficiente em reduzir essa resistência em camadas mais profundas.

Com relação à umidade do solo, é possível observar na Figura 1 que ocorre aumento da umidade do solo até a camada de 0,3 m, com exceção do Tratamento 4. Esse comportamento pode ter ocorrido devido ao escarificador ter tido ação até essa camada, não havendo revolvimento abaixo de 0,30 m.

O escarificador possui ação de revolvimento do solo até a sua profundidade crítica, ou seja, a maior regulagem de profundidade do escarificador foi para 0,35 m, porém devido ao limite da sua profundidade crítica o escarificador não terá ação de revolvimento do solo até a profundidade regulada.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo, que é um solo que tem por característica ser mal drenado e apresentar um horizonte pã, que tem como características à restrição à percolação de água, ocasionando retenção dessa água nas camadas mais superficiais, acima do horizonte B.

De acordo com Dalla Rosa (1981), a escarificação tem por objetivo aumentar a permeabilidade do solo, diminuir o escoamento superficial da água da chuva e o encharcamento em terrenos planos, dentre outros objetivos, esses citados possibilitam a maior infiltração de água no solo, aumentando, assim a sua umidade, principalmente, nas camadas mais profundas.

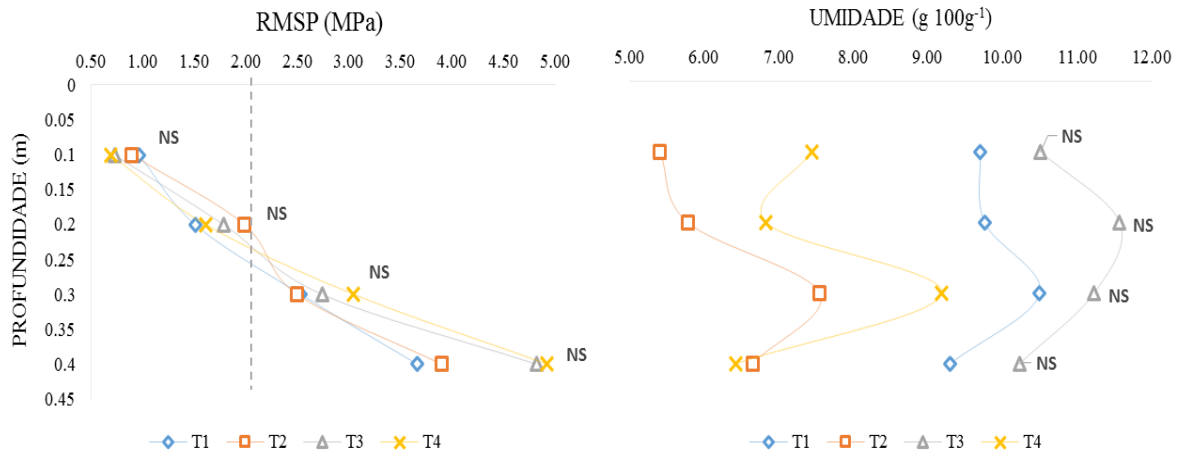


FIGURA 1. Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e umidade do solo para os quatro tratamentos avaliados (T1 – P1D1; T2 – P1D2; T3 – P2D1; T4 – P2D2). (NS: não significativo; *: significativo)

Na Figura 2 é apresentado o gráfico com os valores de condutividade elétrica aparente encontradas em cada tratamento analisado.

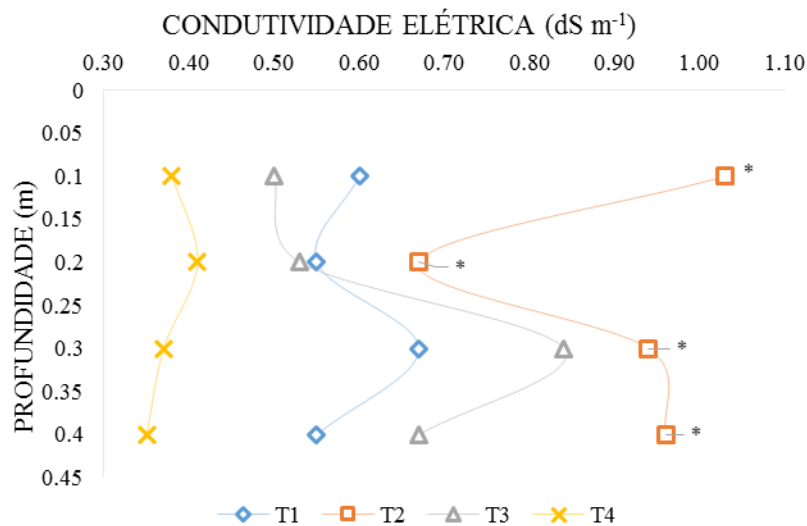


FIGURA 2. Condutividade elétrica da solução do solo (CE) para os quatro tratamentos avaliados (T1 – P1D1; T2 – P1D2; T3 – P2D1; T4 – P2D2). (NS: não significativo; *: significativo).

Os quatro tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes, com diminuição da condutividade elétrica da solução do solo na camada de 0,2 m. De acordo com Richards (1954), a alteração da condutividade elétrica é um reflexo da mudança no teor de água ou diluição da solução do solo.

Em trabalho realizado por Molin & Rabello (2011), os autores comprovaram, por valores elevados dos coeficientes de determinação da reta gerada na análise de regressão entre condutividade elétrica e conteúdo de argila, a dependência desses dois fatores. Dessa forma, a condutividade elétrica é um fator que está intimamente ligado à textura do solo.

A partir da CE da solução do solo pode-se identificar os teores de argila, porém o teor de água no solo pode mascarar esse resultado. Sendo assim, é necessária a estimação do teor de água no solo para que haja confirmação dos resultados obtidos com relação ao teor de

argila (MOLIN & RABELLO, 2011).

O Planossolo é um solo caracterizado por ser um solo adensado, mal drenado e apresentar incremento de argila do horizonte B. De acordo com a Tabela 1, observa-se que houve incremento de argila na camada de 0,2 m, fato esse diferente do observado por Molin & Rabello (2011), onde a mediada que o conteúdo de argila solo crescia a CE também aumentava.

CONCLUSÕES

Nenhum dos tratamentos analisados permitiu o rompimento das camadas compactadas em maior profundidade, fato esse de extrema importância, pois é a principal função do escarificador. Outros equipamentos agrícolas tem a capacidade de romper camadas compactadas superficialmente e podem exigir menor força e potência do trator, causando maior economia no processo de produção.

A condutividade elétrica é um fator que está extremamente ligado à presença de água e a textura do solo, refletindo seu comportamento. Portanto a condutividade elétrica pode refletir a água que está armazenada no solo.

EQUAÇÕES

$$D = 2,0 * Pt \quad (1)$$

$$D = 2,5 * Pt \quad (2)$$

Em que:

D = Distancia entre hastes (m).

Pt = Profundidade de trabalho (m).

$$RP = \left(\frac{Mgh}{Ax} \right) \left(\frac{M}{M+m} \right) + \frac{M+m}{A} g \quad (3)$$

$$EC_{\alpha} = \frac{\epsilon_0 c Z_0}{l Z_L} \quad (4)$$

Em que:

EC_{α} = Condutividade elétrica aparente (V).

ϵ_0 = Permissividade do vácuo ($8,854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$)

Z_0 = Impedância da sonda (Ω).

REFERÊNCIAS

CANILLAS, E.C. & SALOKHE, V.M. Regression analysis of some factors influencing soil compaction. *Soil Till. Res.*, 61:167-178, 2001.

DALLA ROSA, A.D. Práticas mecânicas e culturas na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo - solo Santo Angelo (Latosolo Roxo Distrófico). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 136p. (Dissertação de Mestrado).

GIESE, K.; TIEMANN, R. Determination of the complex permittivity from the sample time domain reflectometry. *Advanced Molex Relaxes Processes*, New York, v.7, n. 1, p.45-49, 1975.

KÖEPPEN, 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de La Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 478p.

MACHADO, R. L. T.; TURATTI, A. L.; ALONÇO, A. S.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. Efeito da escarificação sobre alguns parâmetros físicos de um planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.519-523, 1997.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do

solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, 2011

ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H. & MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. R. Bras. Ci. Solo, 18:491-497, 1994.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, v.15, p.229-235, 1991.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M. & PARKER, J. J. Soil strength – Root penetration relations to médium to coarse – textured soil materials. Soil Sciense, 102 p. 18-22, 1996.