

AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO DEVIDO AO TRÁFEGO AGRÍCOLA

BARBARA BARRETO FERNANDES¹, KLÉBER PEREIRA LANÇAS², JEFFERSON SANDI³, MURILO BATTISTUZZI MARTINS³, INDIAMARA MARASCA⁴

¹ Eng^a Agrônoma, Mestranda em Agronomia (Energia na Agricultura), Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas /UNESP, Botucatu – SP; Fone: (14) 3880-7119 bbarettof@fca.unesp.br

² Eng^o Mecânico, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas /UNESP, Botucatu – SP, kplancas@fca.unesp.br

³ Eng^o Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Energia na Agricultura), Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas /UNESP, Botucatu – SP;

⁴ Tecnol. Produção de Grãos, Doutora em Agronomia (Energia na Agricultura), Depto. de Engenharia Rural, F Faculdade de Ciências Agronômicas /UNESP, Botucatu – SP.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O uso cada vez mais intenso de máquinas agrícolas, nas diversas etapas do processo de produção é o principal responsável pela compactação do solo e mudanças prejudiciais às suas propriedades físicas. Os diferentes solos são afetados de modo desigual pelo tráfego de máquinas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a compactação do solo em dois solos (arenoso e argiloso) após aplicação de sucessivas cargas, caracterizando o efeito do tráfego controlado no solo. O presente estudo foi realizado na FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP. Para a coleta dos dados utilizou-se a UMAS – Unidade Móvel de Amostragem do Solo, equipada com amostrador Hidráulico-Mecânico e Penetrômetro hidráulico-eletrônico. Os tratamentos de compactação foram: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3=3; T4=5 e T5 = 10 passadas do trator no mesmo lugar. Foram coletadas amostras, na linha de tráfego e fora da linha de tráfego, de resistência a penetração nas faixas de profundidade: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40. Com base nesse estudo foi possível avaliar a ocorrência e distribuição da compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas.

PALAVRAS-CHAVE: Compactação do solo, Tráfego de máquinas, Unidade móvel de amostragem do solo

EVALUATION OF SOIL COMPACTION DUE TO AGRICULTURAL MACHINE TRAFFIC

ABSTRACT: The increasingly intense use of agricultural machinery, at various stages of the production process is mainly responsible for soil compaction and harmful changes to their physical properties. The different soils are unevenly affected by machinery traffic. The objective of this study was to evaluate the soil penetration resistance in different soil types (sandy and clay) after successive loads featuring the effect by the controlled traffic farming. This study was conducted at the Experimental Farm Lageado, FCA/UNESP, campus of Botucatu-SP. Was used to collect data the MUSS - Mobile Unit of Soil Sampling, FCA / UNESP, Botucatu - SP, equipped with a

Hydraulic-Mechanical soil sampler and hydraulic-electronic penetrometer. The compaction treatments were: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2, T3 = 3, T4 = 5 and T5 = 10 passed of a tractor on the same place. Samples of soil were collected, in the traffic line and off-line traffic, of penetration resistance on the depths: 0-10, 10 - 20, 20-30 and 30-40 cm. Based on this study it was possible to evaluate the occurrence and distribution of soil compaction, caused by machinery traffic.

KEYWORDS: Machine traffic, Mobile Unit of Soil Sampling, Soil compaction

INTRODUÇÃO

A avaliação dos níveis de compactação do solo é de fundamental importância, buscando prevenir ou minimizar seus efeitos negativos na produtividade agrícola. É um processo que não acontece naturalmente, em que as suas porosidade e permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e muitas mudanças são provocadas na estrutura do solo e em várias características de seu comportamento (SOANE e OUWERKERK, 1994). Lanças (1996) definiu a compactação como o resultado do rearranjo das partículas do solo submetidas a forças, ocasionando o aumento na sua densidade pela diminuição do seu volume para uma massa de partículas constante.

A utilização intensa de máquinas e equipamentos agrícolas em todas as operações no campo (plantio, tratos culturais e colheita) tem auxiliado para o aumento da compactação do solo. A principal razão desse fenômeno são as operações realizadas repetidamente ao longo dos anos (OLIVEIRA, 2002). Com a modernização da agricultura, o peso das máquinas e dos equipamentos e a intensidade de uso do solo têm aumentado com muita intensidade. Os efeitos ao solo resultantes da sua compactação implicam, principalmente, na criação de um ambiente desfavorável para o desenvolvimento das raízes e o aparecimento de erosão.

Porém a degradação da estrutura do solo, que ocorre pelo processo de compactação está ligada a vários fatores, entre eles: a composição granulométrica do solo (Larson et al., 1980), o C orgânico do solo (Stone & Ekwue, 1995), o teor de água do solo durante o tráfego das máquinas (Horn et al., 1995) e a frequência e intensidade com que a carga é aplicada no solo pelas máquinas e implementos (Horn et al., 1995; Chamen et al., 2003)

Hoje em dia, o tráfego controlado de máquinas (local para o tráfego diferente da linha de cultivo) está sendo implantado em muitas situações, já que os valores de compactação do solo desejados para a tração de máquinas agrícolas diferem daqueles esperados para uma boa infiltração e crescimento radicular; por isto as pesquisas devem ter um enfoque na ação da compactação ao longo do perfil do solo e em profundidade. Na literatura, fala-se que as maiores deformações no solo ocorrem logo após a primeira passagem da máquina, sendo os efeitos das passagens subsequentes mais reduzidos (NAGAOKA et al., 2003) e que a resistência do solo à penetração tem sido freqüentemente utilizada como indicador da compactação do solo em sistemas de manejo, por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação (LANÇAS, 1996).

Portanto com base nestes estudos, o trabalho pretende avaliar a resistência do solo à penetração, sua ocorrência e a distribuição da compactação ao longo do perfil do solo, causada pelo tráfego de máquinas em diferentes classes de solos submetidos a distintas cargas aplicadas sobre ele.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho iniciou-se em abril de 2014, na área experimental da Fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no município de Botucatu-SP nas coordenadas geográficas de 22° 51' S de latitude e 48° 26' W de longitude, e altitude de 786 m. O clima da região de Botucatu é do tipo Cfa, clima temperado

quente (mesotérmico) úmido, segundo a classificação de Köppen, e B2rB'3a', clima úmido com estação seca, que vai de abril a agosto segundo a classificação de Thornthwaite (CUNHA E MARTINS, 2009) O experimento foi realizado em duas áreas, a "Área 1" localizada geograficamente a: 22° 50' 24" Latitude Sul, 48° 25' 23" Longitude Oeste e altitude de 791 m. O solo da área experimental foi classificado, conforme a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho Distroférrico (NVd). Com textura muito argilosa, com teores de argila maiores que 60 %. A área estava compactada, por ser utilizada como pista de solo mobilizado para ensaio de máquinas, não apresentando restos vegetais.

A segunda área experimental, designada como "Área 2", tem como coordenadas geográficas 22° 51' 17" Latitude Sul, 48° 26' 10" Longitude Oeste e altitude de 822 m. O solo dessa área corresponde a Classificação de Solos da Embrapa (1999), como Latossolo Vermelho (LV). Com textura média, teores de argila entre 15 a 35 %, e elevado grau de intemperização. O relevo é predominantemente suave ondulado. Ocupam as partes mais elevadas da Fazenda Experimental Lageado. A área utilizada para o estudo encontrava-se coberta por vegetação espontânea, a mesma não vem sendo cultivada há vários anos, apresentando uma condição de superfície de solo agrícola firme sem preparo. O solo de ambas as áreas, foi inicialmente subsolado e gradeado a uma profundidade média de 0,35 m. Para as operações de preparo do solo, foi utilizado um trator com potência máxima de 89 kW (121 cv), o subsolador usado foi de arrasto, com cinco hastes subsoladoras, equipado com rodas de controle de profundidade acionadas por atuadores hidráulicos, profundidade máxima de 0,40 m. A grade usada foi a grade niveladora - tipo "off set", com 32 discos de 180 mm de diâmetro e profundidade média de trabalho de 0,12 m.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, foram realizados os tratamentos de compactação em parcelas de 150 m² (5x30 m) quando o conteúdo de água do solo estava próximo à capacidade de campo (2 dias após a chuva). Os tratamentos foram : T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3 =3 e T4 =5 e T5=10 passadas de um trator no mesmo local. O trator usado para simular a compactação do solo tinha potência máxima de 121 kW (165 cv), tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), montado em pneus 16.9-28 R1 com 22 psi e 20.8-38 R1 com 24 psi todos com 75% de lastro líquido. Tendo uma distribuição de carga de 40 % eixo dianteiro e 60% eixo traseiro com peso total de 89858 N (9163 kg).

A determinação da resistência do solo à penetração (RP) medida pelo índice de cone do solo (IC) foi realizada com o auxílio de um penetrômetro hidráulico-eletrônico, montado na Unidade Móvel de Amostragem do Solo – UMAS (FIGURA 1), desenvolvido pelo NEMPA, Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas do Departamento de Engenharia Rural, da FCA/UNESP, Campus de Botucatu/SP, conforme descrito por Lanças e Santos Filho (1998). Os dados de teor de água foram coletados nas duas áreas do experimento, em 4 profundidades diferentes e 4 repetições em cada área, sendo que os valores médios nas coletas em cada área estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Valores médios de teor de água em função da profundidade.

Prof.(cm)	Teor de água %	
	LV	NVd
0 -10	15,84	22,1
10-20	16,97	22,4
20-30	17,05	22,69
30-40	15,94	22,92



FIGURA 1: Vista da UMAS sendo tracionada por trator agrícola

O penetrômetro é constituído de um cilindro com haste de ponteira cônica de ângulo sólido de 30° com diâmetro de 0,02m, trabalhando na velocidade de penetração de $0,03\text{m s}^{-1}$, características estruturais e operacionais definidas pela norma ASAE S313.3 (1999).

A haste esta conectada a uma célula de carga com capacidade de 2.000 kgf e a um sensor de profundidade do tipo potenciômetro linear, ambos ligados a um sistema de aquisição e armazenamento de dados NI USB 6009 – National 32 Instruments, conectado a um computador portátil que faz a leitura dos sensores, conforme a figura 2.

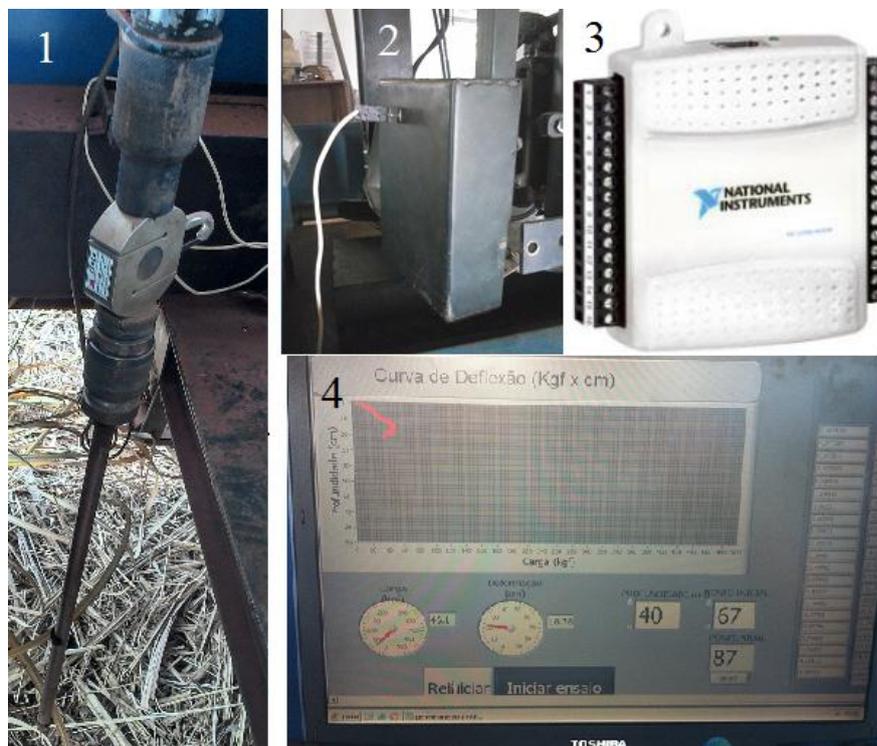


FIGURA 2. Célula de carga (1), sensor de profundidade (2), Sistema de aquisição dos dados USB 6009 (3) e programa de leitura em computador portátil (4).

Para avaliar a resistência do solo à penetração, realizou-se quatro repetições por tratamento. Para cada repetição foram feitas cinco leituras distanciadas aproximadamente 0,15m entre si, em um transepto (FIGURA 3), disposto transversalmente ao sentido do rodado, nas posições amostrais: 2 pontos coletados fora da linha do rodado (entre linha do rodado) e 3 pontos coletados na linha de tráfego (rodado). Avaliou-se o IC nas faixas de profundidade de 0 a 0,1, 0,1 a 0,2, 0,2 a 0,3 e 0,3 a 0,4m, sendo utilizados somente os valores médios/tratamento obtidos nas faixas de profundidade e nas posições amostrais citadas anteriormente.

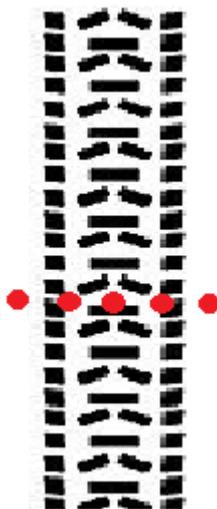


FIGURA 3. Transepto no rodado, com indicação dos pontos amostrados



FIGURA 4. Coleta dos dados de resistência do solo à penetração

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas áreas avaliadas, foi observado acréscimo significativo nos valores de resistência do solo à penetração na entre linha, evidenciou-se que conforme maior o número de tráfego ocorreu o incremento da compactação na entre linha nas camadas mais superficiais (0-20cm), indicando que as pressões aplicadas no solo pelo rodado do trator, influenciado pela carga e área de contato pneu/solo, tendem a se dissipar atingindo também a entrelinha (TABELA 2 e TABELA 3).

TABELA 2. Valores médios de índice de cone (MPa) na entre linha do rodado em LV, por tratamento em relação a profundidade.

		Passadas do trator x Profundidade				
		Profundidade				
Passadas do trator		0-10	10-20	20-30	30-40	
0		0.2809 dA	0.2821 cA	0.3883 cA	0.2705 cA	
1		0.3789 dAB	0.3043 cB	0.8021 bcA	0.6392 bcAB	
2		0.5871 cdA	0.4975 cA	0.6609 bcA	0.3778 bcA	
3		1.4875 bA	1.0033 abB	1.0264 bB	0.8067 bB	
5		0.8973 cB	0.5314 bcB	1.7976 aA	1.4971 aA	
10		2.2378 aA	1.1328 aB	1.1376 bB	0.8378 bB	
dms para colunas =		0.5022		dms para linhas =		0.4521
Classific.c/letras minúsculas				Classific.c/letras maiúsculas		

*As médias seguidas pela mesma letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 3. Valores médios de índice de cone (MPa) na entre linha do rodado em NVd, por tratamento em relação a profundidade.

		Passadas do trator x Profundidade				
		Profundidade				
Passadas do trator		0-10	10-20	20-30	30-40	
0		0.2429 cA	0.4239 cA	0.4553 cA	0.4810 bA	
1		0.4239 bcB	0.5338 bcB	0.7628 bcAB	1.0897 aA	
2		0.7742 abcA	0.9937 abA	0.7637 bcA	1.0573 aA	
3		1.0065 aA	1.3732 aA	0.8773 abcA	0.9629 abA	
5		0.8562 abB	1.5435 aA	1.4036 aA	1.2307 aAB	
10		1.0479 aA	1.3259 aA	1.0555 abA	1.4228 aA	
dms para colunas =		0.5656		dms para linhas =		0.5092
Classific.c/letras minúsculas				Classific.c/letras maiúsculas		

*As médias seguidas pela mesma letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

O índice de cone no rodado, para o LV apresentou maiores valores de resistência superficial (0-10cm) apenas no T5=10 passadas do trator; na profundidade 10-20, maiores valores de resistência do solo a compactação foram obtidos no tratamento T4= 5 passadas do trator; na profundidade 20-30 cm maiores valores foram obtidos nos tratamentos T3=3 e T5=10 passadas e na camada mais profunda de avaliação (30-40 cm) o tratamento T5=10 passadas diferiu estatisticamente das demais, comprovando maior compactação (TABELA 4).

Analisando os tratamentos individualmente, nota-se que a resistência à penetração nas duas áreas (LV e NVd), teve pouco acréscimo em profundidade, a resistência se manteve praticamente uniforme no perfil do solo, indicando que a pressão que o pneu exerce é bem distribuída no solo de textura média e argilosa (TABELA 4 e TABELA 5)

TABELA 4. Valores médios de índice de cone (MPa) no rodado em LV, por tratamento em relação a profundidade.

Passadas do trator x Profundidade					
Passadas do trator	Profundidade				
	0-10	10-20	20-30	30-40	
0	0.2809 cA	0.5621 bcA	0.5947 dA	0.5519 cA	
1	0.6789 bcA	0.5269 cA	0.8021 cdA	0.8783 cA	
2	1.3376 bcAB	0.9800 bcB	0.8235 bcdB	1.9884 bA	
3	1.4875 bB	1.1348 bcB	2.9577 aA	1.2388 bcB	
5	1.2833 bcB	3.4819 aA	1.7976 bcB	1.4182 bcB	
10	3.3673 aB	1.6290 bC	1.8919 abC	5.6993 aA	
dms para colunas =		1.0850	dms para linhas =		0.9767
Classific.c/letras minúsculas			Classific.c/letras maiúsculas		

*As médias seguidas pela mesma letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Para o Nvd, foi possível observar acréscimo significativo estatisticamente na camada mais superficial (0-10 cm) nos tratamentos T1=1, T4=5 e T5=10 passadas. Nas demais profundidades praticamente não diferiu a resistência do solo, exceto para o tratamento T5=10 passadas que foi superior em todas as profundidades (TABELA 5).

TABELA 5. Valores médios de índice de cone (MPa) no rodado em NVD, por tratamento em relação a profundidade.

Passadas do trator x Profundidade					
Passadas do trator	Profundidade				
	0-10	10-20	20-30	30-40	
0	0.2429 cB	1.0223 bA	1.1641 bcA	1.2599 bA	
1	1.4375 abA	1.6263 aA	0.7628 cB	1.5033 bA	
2	1.2210 bA	1.5532 abA	1.3283 bA	1.3716 bA	
3	1.0065 bB	1.5934 aA	1.3852 bAB	1.7271 bA	
5	1.4772 abA	1.6093 aA	1.4036 bA	1.4626 bA	
10	1.9674 aA	1.9041 aA	2.2694 aA	2.3489 aA	
dms para colunas =		0.5640	dms para linhas =		0.5077
Classific.c/letras minúsculas			Classific.c/letras maiúsculas		

* As médias seguidas pela mesma letras não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

CONCLUSÕES

As propriedades físicas do solo sofrem alterações de acordo com a carga aplicada sobre o solo, onde, nestas condições de umidade, quanto maior foi a frequência de passadas do trator, maiores foram os valores obtidos de resistência do solo à penetração, sendo que estes valores não demonstraram variar muito em profundidade.

A pressão aplicada no solo pelo rodado do trator, tende a se dissipar atingindo também a entrelinha do rodado.

A resistência à penetração teve pouco acréscimo em profundidade, indicando que a pressão que o pneu exerce é bem distribuída no perfil solo.

REFERÊNCIAS

ASSISTAT – Assistência estatística. Versão 7,7 beta, 2008.

CHAMEN, T.; ALAKUKKU, L.; PIRES, S.; SOMMERD, C.; SPOOR, G.; TIJINK, F. & WEISSKOPF, P. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: A review. Part 2. Equipment and field practices. *Soil Till. Res.*, 73:161-174, 2003.

CUNHA, A. R. da; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga, Botucatu*, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A. & van OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil Till. Res.*, 35:23-36, 1995.

LANÇAS, K. P. **A compactação do solo agrícola**. Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP. São Paulo, 1996.

LARSON, W.E.; GUPTA, S.C. & USECHE, R.A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. *Soil Sci. Soc.Am. J.*, 44:450-457, 1980.

MASIERO, F. C. **Produtividade e compactação do solo em diferentes ciclos anuais da cultura de cana-de-açúcar**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

NAGAOKA, A. K.; LANÇAS, K. P.; CASTRO NETO, P.; LOPES, A.; GUERRA, S. P. S. Resistência do solo à penetração após o tráfego com dois tipos de pneus utilizando-se um equipamento para ensaio dinâmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.387-393, 2003

OLIVEIRA, G.C. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 78p. (Tese de Doutorado).

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. V. Soil compaction problems in world agriculture. **Soil compaction in crop production**, p.1-21, 1994.

STONE, R.J. & EKWUE, E.I. Compressibility of some Trinidadian soils as affected by the incorporation of peat. *J. Agric. Eng. Res.*, 60:15-24, 1995.