

EFEITO DAS RODAS DO TRATOR EM PROPRIEDADES FÍSICAS DE DOIS SOLOS^{1/}

Bairon Fernandes ^{2/}
Harry M. Galloway ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A maquinaria agrícola, principalmente os tratores, têm apresentado, nas últimas décadas, aumento crescente de peso. Em consequência disso, a pressão exercida sobre o solo é aumentada, o que poderá ocasionar mudanças em determinadas características físicas do solo, em maior ou menor proporção, dependendo da época e da intensidade do tráfego agrícola. Essas alterações físicas poderão afetar negativamente a produção vegetal.

A distribuição da pressão no solo, em consequência da compressão exercida pelas rodas da maquinaria, depende: (a) do peso da carga, que determina a pressão total; (b) da extensão da área de contato do pneu com o solo, do que resulta a quantidade de pressão por unidade de área; (c) da distribuição da pressão na área de contato; e (d) do teor de umidade e da densidade do solo (8). A compactação é consideravelmente acentuada nas áreas de contato imediato do solo com os pneus (6, 10). A profundidade de penetração do efeito de compactação depende do estado inicial da estrutura do solo e do teor de umidade. As curvas de distribuição da pressão ocasionada pelas rodas do trator, conforme a profundidade, têm a forma de um bulbo. As linhas de igual pressão poderão ser circulares ou elípticas, dependendo das condições do solo (1).

Os efeitos da compactação poderão ser descritos por: (a) decréscimo da porosidade de aeração; (b) degradação dos agregados do solo, o que condiciona aumento da densidade aparente e redução do diâmetro dos poros; e (c) aumento da fricção do solo para as raízes(5). Dependendo do grau de compactação do solo, esses efeitos poderão afetar, ou não, o desenvolvimento das plantas.

Aceito para publicação em 2-7-1987.

^{2/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Agronomy Department, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 47907 — USA.

Considerando o exposto, procurou-se, neste trabalho, avaliar o estado de compactação condicionado pelas rodas do trator, determinando-se os valores de porosidade total, diâmetro dos poros, densidade aparente, condutividade hidráulica, retenção de água e porosidade de arejamento, na área trafegada e não trafegada de dois solos cultivados, durante sete anos consecutivos, com a cultura do milho (*Zea mays* L.).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas amostras com estrutura natural, coletadas em um experimento de cultivo mínimo, no qual a área trabalhada para o plantio correspondia a uma faixa de 6 cm de largura por 7 cm de profundidade, aproximadamente. O plantio foi repetido, sete anos consecutivos, na mesma faixa.

Os materiais dos solos «Runnymede loam» (Typic Argiaquoll) e «Tracy sandy loam» (Typic Hapludalf) foram amostrados dentro de tubos de PVC com 7 cm de diâmetro interno, utilizando-se método semelhante ao descrito por MIELKE (7). A amostragem foi realizada antes da operação de plantio, entre as fileiras do plantio anterior, nas áreas trafegadas e não trafegadas. A composição textural e o teor de carbono orgânico dos solos podem ser vistos no Quadro 1. No laboratório, os tubos foram divididos em segmentos de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm, a partir da extremidade superior, correspondente à superfície do solo. As avaliações foram feitas no material de solo contido nesses segmentos.

A densidade aparente foi determinada mediante a divisão do peso seco do material de solo pelo volume ocupado no tubo de PVC. O mesmo material foi utilizado na determinação da densidade das partículas, empregando-se o álcool absoluto como líquido penetrante. A porosidade total foi determinada pela equação

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_p}\right) 100$$

sendo P a porosidade total, em porcentagem; D_a , a densidade aparente, em Mg/m^3 ; e D_p , a densidade das partículas, em Mg/m^3 .

A percolação da água nas amostras com estrutura natural foi feita do modo descrito por FERNANDES *et alii* (3), sendo o cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado feito com a utilização da equação de Darcy:

$$Q/t = -K \cdot A \cdot \frac{H}{L}$$

em que Q é o volume de água percolado no tempo t, em cm^3 ; K, a condutividade hidráulica, em cm/h ; A, a área da secção transversal do tubo, em cm^2 ; H, a carga hidráulica total, em cm; e L, o comprimento da coluna de solo, em cm.

Na determinação dos diâmetros dos poros foi empregado o modelo capilar, tendo como equação:

$$D = 2 \left(\frac{\sigma}{d \cdot h \cdot g} \right)$$

sendo D o diâmetro dos poros, em cm; σ , a tensão superficial da água, em dynes/cm; d, a densidade da água, em g/cm^3 ; h, a altura da coluna de água, em cm; e g, a

QUADRO 1 - Composição textural e carbono orgânico em três profundidade dos solos Runnymede e Tracy

Solo	Profundidade (cm)	Composição textural (%)				Carbono orgânico (%)
		A. grossa 2 a 0,2 mm	A. fina 0,02 a 0,05 mm	Silte 0,05 a 0,002 mm	Argila < 0,002 mm	
Runnymede	0 a 10	31	16	35	18	2,57
	10 a 20	28	20	34	18	2,13
	20 a 30	31	19	31	19	1,18
Tracy Sandy Loam	0 a 10	40	20	33	7	1,16
	10 a 20	40	17	36	7	0,96
	20 a 30	39	17	34	10	0,50

aceleração devida à gravidade, em dynes/g. Utilizou-se o método do funil (2) e colunas de água de 20, 40, 60 e 100 cm.

A porosidade livre de água foi calculada pela diferença entre a porosidade total e os teores de água retidos nos diferentes potenciais matriciais. Para a água retida a $-1,5$ MPa foi utilizado o aparelho de membrana e amostras passadas em peneira de 2 mm de malha.

Os experimentos de campo, que deram origem às amostras coletadas, tinham delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições; uma amostra foi coletada na área trafegada e outra na área não trafegada, por parcela, em três profundidades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que somente parte da área vinha sofrendo tráfego agrícola, as diferenças entre os locais amostrados refletiam o efeito cumulativo das rodas do trator, que, durante sete anos consecutivos, vinham passando na mesma faixa. Assim, verifica-se que a porosidade total foi reduzida, em média, de 11% e 6% nos solos Runnymede e Tracy, respectivamente, na faixa de 0 a 20 cm de profundidade, pelo tráfego (Quadro 2). A composição textural (Quadro 1) e o estado de drenagem do Runnymede condicionaram um maior efeito de compactação desse solo. A redução da porosidade total foi mais acentuada na profundidade de 10 a 20 cm. Esse maior efeito de compactação nessa profundidade pode estar relacionado com o fato de todo o resíduo orgânico ter sido deixado na superfície do solo. Em decorrência disso, além do efeito protetor contra o impacto das chuvas e contato direto do solo com as rodas do trator, a concentração de matéria orgânica na camada superficial favorecia a recuperação da estrutura, reduzindo, assim, o efeito de compactação nessa camada.

Na profundidade de 20 a 30 cm, não foi verificado nenhum efeito causado pela pressão das rodas do trator, no que diz respeito à redução da porosidade total e das outras características físicas estudadas. Nessa profundidade, as mudanças naturais dos solos podem ser consideradas causadoras das pequenas variações encontradas.

O tráfego agrícola afetou o diâmetro dos poros. Assim é que, na faixa de 0 a 20 cm de profundidade, os poros com diâmetros $> 0,03$ mm foram reduzidos, em média, de 67% no Runnymede e 38% no Tracy, ao passo que os poros com diâmetros inferiores a $0,03$ mm aumentaram de 9% e 6%, respectivamente. Esse efeito diferencial entre os solos pode ser explicado pela diferença textural entre eles. O Tracy, dado o seu elevado teor de areia, resistiu mais a mudanças internas.

Admitindo-se o diâmetro de $0,07$ mm como separação entre macroporos e microporos, verifica-se que o efeito do tráfego na redução dos macroporos foi, em média, de 80% no Runnymede e 38% no Tracy, na faixa de 0 a 20 cm de profundidade, sendo, contudo, mais acentuado na profundidade de 10 a 20 cm. Essa redução dos macroporos causou uma diminuição na condutividade hidráulica do solo saturado, 77% no Runnymede e 89% no Tracy, na faixa de 0 a 20 cm de profundidade. Esse último solo apresentou maior redução da condutividade hidráulica na profundidade de 0 a 10 cm.

Associado ao problema da redução dos diâmetros dos poros, ocorreu o aumento da água capilar (Quadro 2). Isso aconteceu devido ao fato de, em um mesmo potencial matricial, a quantidade de água retida estar relacionada com a qualidade dos poros. A mudança no teor de água retida ocasionou alteração na porosidade livre de água, que, na faixa de 0 a 20 cm de profundidade, foi reduzida, em média, de 81% no Runnymede e 44% no Tracy, quando os potenciais matriciais maiores que $-0,01$ MPa foram considerados. A camada de 10 a 20 cm de profundidade foi a que apresentou maior redução da porosidade livre de água, em consequência do

QUADRO 2 - Porosidade total, diâmetro dos poros, densidade aparente, condutividade hidráulica, água retida e poros livres de água das áreas trafegadas e não trafegadas pelo trator, nos solos estudados

Solo	Tráfego	Profun- didade	Total de poros	Diâmetro dos poros (mm)				DA (1)	K (2) s	Água retida		Poros livres de água				
				> 0,15	0,15 a 0,07	0,07 a 0,05	0,05 a 0,03			-0,01	-1,5	-0,002	-0,004 -0,006 -0,01			
				% Volume				Mg/m ³	cm/h	% Volume						
(cm)																
RUNNYMEDE LOAM	Trafegada	0 a 10	43,6	1,2	0,5	0,4	0,7	40,8	1,44	0,9	40,8	16,4	1,2	1,7	2,4	2,8
		10 a 20	39,2	0,9	0,5	0,5	0,6	36,7	1,67	0,1	36,7	16,4	0,9	1,4	1,9	2,5
		20 a 30	41,4	0,5	2,3	0,4	1,6	36,6	1,62	0,9	36,6	16,0	0,5	2,3	3,2	4,8
	Não trafegada	0 a 10	47,5	6,1	2,4	1,2	1,4	36,4	1,36	2,7	36,4	14,0	6,1	8,5	9,6	11,1
		10 a 20	45,8	6,9	1,7	1,1	1,4	34,7	1,43	0,7	34,8	13,3	6,9	8,6	9,7	11,1
		20 a 30	39,2	1,6	1,3	1,0	1,8	33,5	1,66	1,5	33,7	14,3	1,6	2,9	3,9	5,7
TRACY SANDY LOAM	Trafegada	0 a 10	37,8	3,5	1,5	0,7	1,1	31,0	1,64	0,1	31,0	8,4	3,5	5,0	5,7	6,8
		10 a 20	34,0	1,7	1,8	0,7	1,0	28,8	1,72	0,3	28,8	7,5	1,7	3,5	4,2	5,2
		20 a 30	36,8	3,4	1,7	1,1	1,7	28,9	1,66	0,8	29,0	7,1	3,4	5,1	6,2	7,8
	Não trafegada	0 a 10	38,9	5,7	1,6	1,4	1,7	28,5	1,56	2,0	28,6	7,6	5,7	7,3	8,6	10,3
		10 a 20	37,3	5,3	1,3	1,1	1,5	28,1	1,63	1,9	28,1	7,2	5,3	6,6	7,7	9,2
		20 a 30	36,4	3,3	2,0	1,1	1,9	28,1	1,64	0,5	28,2	6,9	3,3	5,3	6,3	8,2

(1) Densidade aparente.

(2) Condutividade hidráulica do solo saturado.

tráfego agrícola. Essa redução é fator que requer atenção especial, uma vez que o arejamento poderá vir a se tornar insuficiente para determinadas culturas.

Considerando que porosidade livre de água abaixo de 10% a 12%, quando o conteúdo de água do solo está na capacidade de campo, pode reduzir o crescimento das raízes, bem como o desenvolvimento das plantas (1, 4, 5, 9, 11), verifica-se a necessidade, no caso dos sistemas de manejo muito reduzidos, periodicamente, de revolvimento mais intenso do solo, através de aração. Com isso, além da alteração do estado de estrutura do solo, seria feita a incorporação dos resíduos orgânicos acumulados na superfície e, se necessário, a correção da acidez e a incorporação de fertilizantes.

De modo geral, os resultados referentes às características físicas avaliadas mostram efeito mais acentuado do tráfego agrícola na profundidade de 10 a 20 cm, quando comparada com a profundidade de 0 a 10 cm. Isso, aparentemente, contradiz o que se poderia esperar, uma vez que, quanto mais afastado da superfície, menor deveria ser a influência da pressão aplicada na superfície do solo pelas rodas do trator. Os dados encontrados por alguns pesquisadores (5, 6, 10) mostram esse fato. Entretanto, como, na presente pesquisa, os restos culturais foram deixados na superfície do solo, a matéria orgânica aí existente contribuiu para a recuperação parcial da estrutura, atenuando desse modo os efeitos da compactação nessa faixa de profundidade.

Como se sabe, o uso da maquinaria agrícola resulta na ocorrência de pressão sobre o solo. O estudo da distribuição dessa pressão, em relação à compactação, é problema de grande importância na análise do impacto da maquinaria agrícola nas propriedades físicas do solo, tanto do ponto de vista do crescimento vegetal quando do desenho da maquinaria.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado no laboratório, usando-se amostras com estrutura natural, vindas de dois solos em que experimentos de manejo estavam sendo conduzidos, durante sete anos consecutivos, com a cultura do milho (*Zea mays* L.). As amostras foram coletadas no experimento de cultivo mínimo, na faixa trafegada e faixa não trafegada pelo trator, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm. Os dados mostram que o tráfego agrícola ocasionou, nas duas primeiras profundidades, redução na porosidade total, aumento na densidade aparente, redução no diâmetro dos poros maiores, redução na condutividade hidráulica, aumento na água capilar e redução na porosidade livre de água. O efeito foi mais acentuado na profundidade de 10 a 20 cm do que na de 0 a 10 cm, não atingindo, entretanto, a profundidade de 20 a 30 cm.

5. SUMMARY

(EFFECT OF TRACTOR WHEELS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF TWO TYPES OF SOIL)

This study was carried out with core samples taken from a seven year study of tillage systems for corn in two soil types. The soils were Runnymede loam (Typic Argiaquoll), a black, poorly-drained soil with a high water table, and Tracy sandy loam (Typic Hapludalf), a well-drained soil. Samples were taken from a coulters-planted system from rows with tractor wheel traffic and rows without any, at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. Tractor wheel traffic reduced total porosity, hydraulic conductivity, the diameter of large pores, and water-free porosity, but increased bulk density and capillary water as compared with areas free of tractor

wheel traffic. The compaction effect was greater at a depth of 10-20 cm than at 0-10 cm. No tractor wheel traffic effect was detected at a depth of 20-30 cm.

6. LITERATURA CITADA

1. BAVER, L.D. & FARNSWORTH, R.B. Soil structure effects on the growth of sugar beets. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 5:45-48. 1940.
2. BOUMA, J. *Guide to the study of water movement in soil pedons above the watertable*. Madison, University of Wisconsin — Extension, 1973. 194 p.
3. FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D. & MANNERING, J.V. Condutividade hidráulica do solo saturado em três sistemas de manejo. *Rev. Ceres* 30:232-241. 1983.
4. GRABILE, A.R. Effects of compaction on content and transmission of air in soils. In: *Compaction of agricultural soils*. St. Joseph, Mich., Am. Soc. Agric. Eng., 1971. p. 154-164.
5. GUPTA, S.C. & LARSON, W.E. Modeling soil mechanical behavior during tillage. In: Unger, P.W. *et alii* (ed.). *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Madison, ASA — SSSA, 1982. p. 151-178. (ASA Special Publication n.º 44).
6. JAMILSON, V.C.; WEAVER, H.A. & REED, I.F. The distribution of tractor tire compaction effects in Cecil clay. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 15:34-37. 1950.
7. MIELKE, L.N. Encasing undisturbed soil cores in plastic. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37:325-326. 1973.
8. SÖHNE, W. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. *Agr. Eng.* 39:276-281. 1958.
9. VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. Effects of soil compaction on storage and movement of soil, air, and water. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 4:242-246. 1961.
10. WEAVER, H.A. & JAMISON, V.C. Effects of moisture on tractor tire compaction. *Soil Sci.* 71:15-23. 1951.
11. WESSELING, J. & VAN WIJK, W.R. Soil physical conditions in relation to drain depth. In: Luthin, J.N. (ed.). *Drainage of agricultural lands*. Madison, American Society of Agronomy, 1957. p. 461-504. (Agronomy, 7).