



## TRÁFEGO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS E INTERAÇÃO DOS RODADOS COM DOIS SOLOS EM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA

Barbara Barreto Fernandes<sup>1</sup>, Indiamara Marasca<sup>2</sup>, Murilo Battistuzzi Martins<sup>3</sup>, Jefferson Sandi<sup>4</sup> & Kléber Pereira Lanças<sup>5</sup>

**RESUMO:** As modificações causadas por atividades antrópicas, dentre as quais o tráfego de máquinas, afetam diretamente a estrutura do solo e, por isto, se torna muito importante a avaliação dos impactos dos rodados sobre a qualidade física dos solos. O objetivo deste trabalho foi avaliar tráfego de máquinas agrícolas e interação dos rodados através do recalque e perfilômetro de dois tipos de solo com diferentes teores de água. Os solos selecionados foram: Nitossolo Vermelho distroférrico (NVd) de textura argilosa e Latossolo Vermelho (LV) de textura média. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com os seguintes tratamentos de compactação: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3 = 3; T4=5 e T5 = 10 passadas consecutivas do rodado de um trator agrícola. As 4 condições de teor de água, variaram de 17,0 a 23,5% para o NVd e de 10,0 a 16,1% para o LV, e um perfilômetro para determinação do recalque do solo. Os maiores valores de área e profundidade de recalque foram observados no tratamento cujo trafego foi mais intenso (T5) nos dois solos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tráfego controlado, compactação, índice de cone, recalque do solo, perfilômetro.

### AGRICULTURAL MACHINERY TRAFFIC AND INTERACTION OF TWO-WHEELED WHEELS IN DIFFERENT WATER CONTENT

**ABSTRACT:** The modifications caused by anthropic activities, such as machine traffic, directly affect the soil structure and, therefore, is very important for the evaluation of the baseboards on the physical quality of the soils. The design of this work was comparative of agricultural machines and the interaction of the rollers through the recalculation and the profile of two types of soil with different water contents. The selected soils were: Red Nitosol dystroferic (NVd) of clay texture and Red Latosol (LV) of medium texture. The experimental design was completely randomized, with the following compaction treatments: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3 = 3; T4 = 5 and T5 = 10 consecutive passes of the turn of an agricultural tractor. As a measure of water content, from 17.0% to 23.5% for the year from 10.0 to 16.1% for LV, and a role for soil soil determination. The highest values of area and depth of repression were observed and without treatment with more traffic (T5) in both soils.

**KEYWORDS:** Controlled traffic, compaction, cone index, soil repression, profilometer.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola intensiva está intimamente ligada à degradação do solo, podendo afetar a segurança alimentar, a disponibilidade de água potável, alterações do clima, perda da biodiversidade e outros fatores de fundamental importância para uma sociedade sustentável (KEESSTRA et al., 2016). Uma das principais características do solo que apresentam grande influência na produção agrícola é a porosidade do solo.

Os vários tipos de solos são afetados de maneira diferente e a compactação implica, principalmente, na criação de um ambiente desfavorável para o desenvolvimento das raízes das plantas e também contribui para a gradativa degradação de sua estrutura.

A compactação do solo apresenta elevada capacidade de impactar a produção agrícola através de seus efeitos deletérios aliados a dificuldade dos agricultores em localizar e relacionar seus efeitos à produção sem utilizar equipamentos e técnicas específicos para sua determinação (MUJDECI et al., 2017).

As tensões nos solos devido à ação externa são, geralmente, de curta duração, sendo aplicadas sobre uma pequena área de carregamento. As características mecânicas dos solos agrícolas variam para as diferentes classes e, para um mesmo solo, de acordo com a sua consistência. Para melhor conhecimento dos fatores que afetam a distribuição de tensões, é necessária a utilização dos conceitos básicos de Dinâmica do Solo que foram inicialmente propostas por VANDEN BERG & GILL (1962) e podem ser definidas como sendo a relação entre as forças que são aplicadas no solo e as suas reações nele. Essas reações estão associadas às tensões propagadas no solo e suas variações em função da profundidade e deslocamento lateral do ponto de aplicação.

<sup>1</sup> <sup>2</sup> <sup>3</sup> <sup>4</sup> <sup>5</sup> E-mails: [babarretof@hotmail.com](mailto:babarretof@hotmail.com) ; [marasca\\_7@hotmail.com](mailto:marasca_7@hotmail.com) ; [mbm\\_martins@hotmail.com](mailto:mbm_martins@hotmail.com) ; [jffsandi@gmail.com](mailto:jffsandi@gmail.com) ; [klpncas@fca.unesp.br](mailto:klpncas@fca.unesp.br)

A manutenção de condições físicas adequadas ao crescimento das plantas está relacionada à preservação da estrutura do solo e pode ser alcançada por meio de atitudes que envolvem o tráfego de máquinas relacionadas ao conhecimento do comportamento compressivo do solo e o monitoramento das operações realizadas no campo, já que elas têm ocorrido em teores de água inadequados no solo (SEVERIANO et al., 2008). Resultados encontrados por BARIK et al. (2014) demonstraram que o contínuo tráfego de máquinas influencia diretamente a estabilidade dos agregados, a densidade, a resistência à penetração, o teor de água e a porosidade do solo.

Isto é corroborado em experimento conduzido por SCAPINELLI et al. (2016), onde a resistência do solo à penetração foi alterada significativamente com o aumento do tráfego do trator, onde a camada de solo de 0,05 – 0,10 m sofreu o maior aumento nos valores, apresentando inicialmente 0,90 MPa (em tratamento sem tráfego) e chegando a 2,04 MPa em tráfego intenso (cerca de 127,92% a mais).

MCHUGH et al. (2009) concluíram que o controle de tráfego nas áreas de produção agrícola apresentou vantagens significativas em relação ao tráfego convencional, principalmente em relação à capacidade de manutenção da estrutura do solo com menores consumos de energia.

Segundo SILVA et al. (2002) as alterações nas relações massa e volume e na resistência mecânica do solo se interagem, modificando o ambiente radicular da planta. Em geral, os efeitos da pressão no solo acarretaram aumento da sua densidade desde a sua superfície até determinadas profundidades (CAVALIERI et al., 2009). ROSA et al. (2011) estudaram o tráfego de máquinas em sistema de plantio direto e observaram que a macroporosidade foi reduzida para níveis críticos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumentando a densidade e a resistência mecânica à penetração do solo, que ultrapassaram 2 MPa, para esse último. Valadão et al. (2015), apontam que valores de resistência a penetração e de densidade do solo de 1,48 MPa e  $1,32 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ; e de 1,84 MPa e  $1,35 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  causaram problemas de desenvolvimento e produtivos para plantas de milho e soja respectivamente.

Gubiani et al. (2014), conduzindo experimento com feijão, concluíram em seu trabalho que a irrigação pode auxiliar na redução do impacto da compactação sobre a redução da produtividade, onde a utilização desta prática reduziu os prejuízos no crescimento das plantas em solo compactado, compensando através do rendimento de grãos pela disponibilização de água na fase reprodutiva da cultura.

O Objetivo deste trabalho foi avaliar área de recalque e a profundidade de recalque em dois solos, um Nitossolo Vermelho distroférico e um Latossolo Vermelho, com diferentes teores de água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas áreas, sendo a primeira, denominada como “Área 1”, localizada geograficamente nas coordenadas geográficas 22° 50' 24" Latitude Sul, 48° 25' 23" Longitude Oeste e altitude de 791 m e a segunda como “Área 2” localizada a 22° 51' 17" Latitude Sul, 48° 26' 10" Longitude Oeste e altitude de 822 m, na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, no município de Botucatu, estado de São Paulo.

O solo da Área 1, classificado conforme os critérios do SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DA EMBRAPA (2013), correspondeu a um Nitossolo Vermelho distroférico (NVd) de textura argilosa, com 50 % de teor de argila. A área em estudo tinha 3.670 m<sup>2</sup>, estando situada em relevo plano e caracterizada como compactada, por ser utilizada como pista de solo mobilizado para ensaio de máquinas, não apresentando restos vegetais.

A segunda área experimental, denominada Área 2, teve o solo classificado, segundo SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DA EMBRAPA (2013), como Latossolo Vermelho (LV), com textura média, teores de argila entre 15 e 35 % e elevado grau de intemperização. O relevo predominante era suave ondulado, ocupando as partes mais elevadas da Fazenda Experimental Lageado. A área para o estudo foi de 4.239 m<sup>2</sup> e encontrava-se descoberta, não tendo sido cultivada por vários anos.

Para a caracterização da composição granulométrica para as duas áreas, foram coletadas amostras (compostas por 5 subamostras simples) nas camadas de 0,00 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, em toda a área experimental, com o auxílio de um enxadão e uma fita métrica. A composição granulométrica do solo foi obtida no Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas, conforme metodologia da EMBRAPA (1997). Os resultados da caracterização física do solo da área 1 e 2 estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Caracterização granulométrica das áreas experimentais 1 e 2.**

Área	Camadas (m)	Frações granulométricas			Textura
		Areia	Silte	Argila	
		----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----			
1	0,0-0,20	348	156	496	Argilosa
1	0,20-0,40	345	153	502	Argilosa
2	0,0-0,20	706	38	256	Média
2	0,20-0,40	696	41	263	Média

O clima da região é do tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido, segundo a classificação de Köppen, com estação seca, que vai de abril a agosto segundo a classificação de Thornthwaite (CUNHA & MARTINS, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos de compactação realizados após o preparo do solo, em parcelas de 150 m<sup>2</sup> (5x30 m) quando o teor de água do solo estava próximo à capacidade de campo (CC) (2 dias após a chuva). Os tratamentos foram constituídos de acordo com a intensidade do tráfego, sendo T0 = 0 (sem passada do trator) testemunha; T1 = 1 passada do trator; T2 = 2; T3 = 3; T4 = 5 e T5 = 10 passadas consecutivas do trator, em movimento unidirecional, no mesmo local.

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 utilizado 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 utilizada após a subsolagem foi a niveladora - tipo "off set", com 32 discos de 180 mm de diâmetro e profundidade média de trabalho de 0,60 m.

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. O peso total do trator, 91300 N (9310 kgf), foi determinado por meio de balança de piso com célula de carga e receptor de pesagem, tendo uma distribuição de carga de aproximadamente 40% no eixo dianteiro e 60% no eixo traseiro (Figura 1).



**Figura 1** - Pesagem do trator com uso de balança.

As áreas de contato dos pneus foram mensuradas através da metodologia do envolvimento do contato pneu/solo com pó, sendo medição da largura e comprimento de contato que foram, respectivamente, 52 cm de comprimento e 43 cm de largura e 60 cm de comprimento e 52 cm de largura, para os pneus dianteiros e traseiros (Figura 2).



**Figura 2** - Área de contato do pneu.

As áreas e profundidades de recalque do solo, após a passagem do rodado, foram obtidas utilizando um perfilômetro de hastes de madeira graduadas em centímetros (Figura 3) que fornecia os dados do perfil da superfície do solo do transepto da passagem do rodado, determinados logo após as passadas do trator.



**Figura 3** - Perfilômetro utilizado na medição de área de recalque do solo.

Efetuuou-se o levantamento do perfil da superfície do solo, conforme a metodologia descrita por LANÇAS (1987). Após a obtenção dos dados, estes foram plotados no programa Microsoft Excel. A área de solo recalçado para os diferentes tratamentos foi determinada com o auxílio do software "SPLAN" - Sistema de planimetria digitalizada, desenvolvido por SILVA et al (1993).

Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico "MINITAB", versão 16.0 (MINITAB®, 2010). As médias dos tratamentos foram comparadas por meio da aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de cargas dinâmicas no solo pelos rodados agrícolas produziu tensões na interface solo/pneu que foram dependentes do teor de água do solo e do número de repetições dessas cargas. As intensidades de cargas aplicadas com altos teores de água no solo provocaram grandes deformações, mostradas através do cálculo da

área e da profundidade do recalque do pneu no solo (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores médios de área de recalque (AR) e profundidade de recalque (R) do para os tratamentos T1, T2 T3 T4 e T5 para e os solos Nitossolo Vermelho distroférico (1) e o Latossolo Vermelho (2).

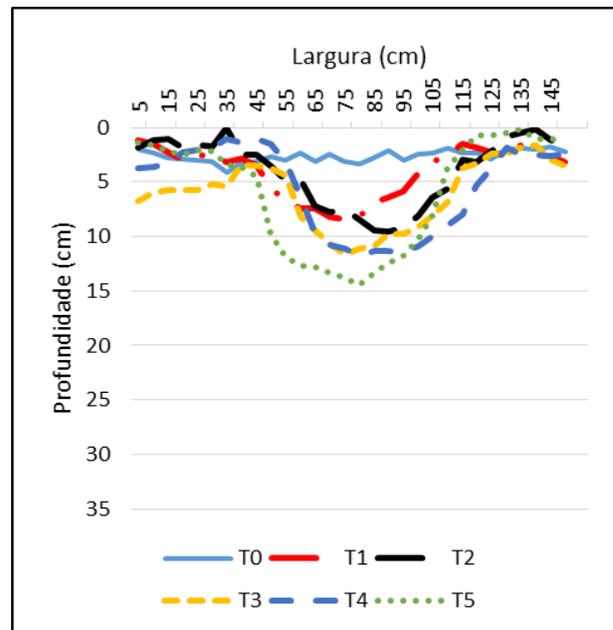
Área	Tratamentos	AR (cm <sup>2</sup> )	R (cm)
1	T1	366,5 C	7,1 B
1	T2	486,3 BC	8,1 B
1	T3	628,7 BC	9,4 AB
1	T4	738,1 AB	9,7 AB
1	T5	914,0 A	12,0 A
2	T1	625,3 B	9,5 B
2	T2	650,9 B	9,3 B
2	T3	778,6 AB	10,7 B
2	T4	897,0 AB	12,6 B
2	T5	1172,4 A	26,8 A

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey. T0 = perfil natural do solo antes do rodado; T1 = uma passada do rodado; T2 = duas passadas consecutivas do rodado; T3 = três passadas consecutivas do rodado; T4 = cinco passadas consecutivas do rodado e T5 = dez passadas consecutivas do rodado.

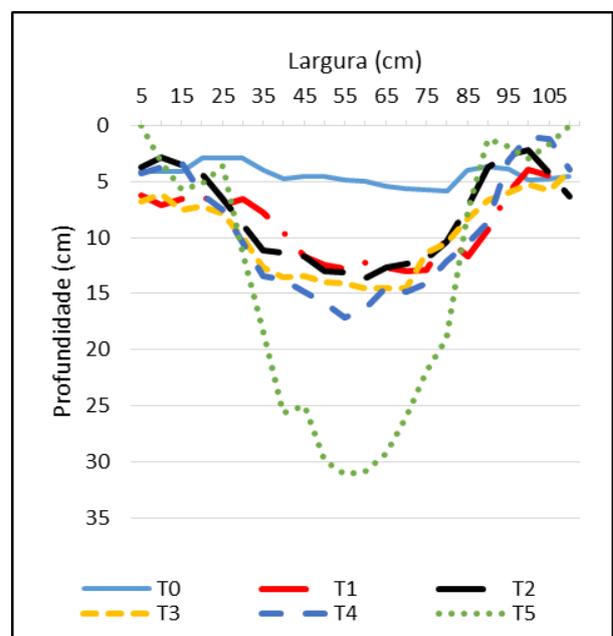
O tratamento T1 apresentou menores valores de área e profundidade de recalque ( $p < 0,05$ ). Foi observado que a simulação de tráfego intensivo, no tratamento T5, implicou nos maiores valores destes atributos, indicando uma compactação do solo significativa, corroborando com COUTO et al. (2013) que demonstraram que os maiores recalques foram obtidos para o tratamento cujo tráfego foi mais intenso com oito passadas do pneu e que foram estatisticamente diferentes dos recalques obtidos para uma única passada.

Uma passada deu um recalque de 7,1cm, ao passo que 5, o que seria o mais próximo do tráfego de uma lavoura. As passadas resultaram em um recalque de 9,7cm. Isso significa que a primeira passada representou mais de 70% do recalque. Considerando as 10 passadas, o que dificilmente ocorrerá na lavoura exatamente no mesmo lugar como foi no ensaio. Apenas uma passada representou quase 60% de todo o recalque.

Resultados semelhantes foram obtidos por LEITE et al. (2010) que estudaram a influência de diferentes teores de água e níveis de pressão no pneu, sobre a área e profundidade de recalque, e concluíram que quanto maior o teor de água no solo, maior foram a área e o recalque. Com o teor de água no solo reduzido não foram observadas mudanças significativas nestes atributos.



(a)



(b)

**Figura 4** - Área de recalque do solo para os tratamentos T1, T2 T3 T4 e T5 em Nitossolo Vermelho distroférico (a) e o Latossolo Vermelho (b). T0 = perfil natural do solo antes do rodado; T1 = uma passada do rodado; T2 = duas passadas consecutivas do rodado; T3 = três passadas consecutivas do rodado; T4 = cinco passadas consecutivas do rodado e T5 = dez passadas consecutivas do rodado.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram menores valores de profundidade de recalque sendo que o tráfego mais intenso (tratamento T5) implicou no maior valor deste atributo com 26,8 cm.

Em relação à área de recalque do solo, os tratamentos T1 e T2 obtiveram menores valores, seguidos do T3 e T4. O tratamento T5 obteve maior área de recalque do solo, com 1172,4 cm<sup>2</sup>, sendo este valor 87,5%, 80,2%, 50,6% e 30,7% superior ao da área de recalque do T1, T2, T3 e T4, respectivamente (figura 4).

Os valores deste trabalho foram superiores aos obtido por LEITE et al. (2010) em Latossolo Vermelho distroférico típico de textura média, indicando sérios problemas de compactação e que as condições de alto teor de água combinado com intenso tráfego tornaram-se críticas para o solo com altos níveis de compactação, corroborando com MANTOVANI (1987), que verificou que a umidade mais crítica a favorecer a compactação do solo corresponde àquela próxima da capacidade de campo.

#### 4 CONCLUSÕES

O tráfego no solo agrícola com elevado teor de água resultou em uma compactação excessiva, entretanto realizando o tráfego em períodos de solos mais secos foi possível reduzir este malefício.

Para o Nitossolo Vermelho distroférico, a área de maior recalque foi T4 e T5, já para profundidade de recalque T3, T4 e T5. Para o Latossolo Vermelho, maior recalque T3, T4 e T5 e para profundidade de recalque somente T5 com 26,8 cm.

#### 5 REFERÊNCIAS

BARIK, K; AKSAKAL EL; ISLAM, KR; SARI, S; ANGIN, I. Spatial variability in soil compaction properties associated with field traffic operations. *Catena* v.120. p.122–133. 2014. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.04.013>>.

Accessed: nov. 20, 2014, doi: 10.1016/j.catena.2014.04.013.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6<sup>o</sup> ed. Viçosa: UFV. 1995. 657p.

CAVALIERI, KMV; SILVA, AP; ARVIDSSON, J; TORMENA, CA. Influência da carga mecânica de máquina sobre propriedades físicas de um Cambissolo Háplico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, p.477-485, 2009. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300001>>.

Accessed: nov. 22, 2014, doi: 10.1590/S0100-06832009000300001.

COUTO, RF; REIS, EF; VIANA, PMF; HOLTZ, V; OLIVEIRA, LA; ALVES SMF. Compactação e recalque superficial de um Latossolo Vermelho em condição de campo e laboratório. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.11, p.1239-1245, 2013. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001100016>>. Accessed: nov. 22, 2014, doi: 10.1590/S1415-43662013001100016.

CUNHA, AR da; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. Available from: <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2009v14n1p01>>.

Accessed: nov. 26, 2014, doi: 10.15809/irriga.2009v14n1p01.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2<sup>a</sup> ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro, 412 p. 2013.

GUBIANI, I. P.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. INTERAÇÃO ENTRE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO E NA PRODUÇÃO DE FEIJOEIRO. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, Brasil. vol. 38, núm. 3, 2014, pp. 765-773.

KEESSTRA, SD; BOUMA, J; WALLINGA, J; TITTONELL, P; SMITH, P; CERDÀ, A; MONTANARELLA, L; QUINTON, JN; PACHEPSKY, Y; VAN DER PUTTEN, WH; ARDGETT, RD; MOOLENAAR, S; MOL, G; JANSEN, B; FRESCO, L. O. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, v. 2. p.111–128. 2016. Available from: <<https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016>>. Accessed: nov. 26, 2014, doi: 10.5194/soil-2-111-2016.

LANÇAS, KP. **Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiras e velocidade de deslocamento**. 1987. 112 f. Dissertation (Master in Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LEITE, F; FROHILICH, WF; DOIMO, LS; ALEIXO, EV; VOLK, LBS. Influência de diferentes teores de água e níveis de pressão no pneu sobre área de solo mobilizada e recalque no arenito Caiuá. *Cultivando o Saber*. Cascavel, v.3, n.1, p.82-98, 2010.

MANTOVANI, EC. Compactação do Solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.17, p. 52-55, 1987.

MCHUGH, AD; TULLBERG, JN, FREEBAIRN DM. Controlled traffic farming restores soil structure. *Soil & Tillage Research* v.104, p.164–172. 2009. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.010>>.

Accessed: nov. 21, 2014, doi: 10.1016/j.still.2008.10.010.

MINITAB. Statistical Software [computer program], version 16. State College: Minitab, 2010.

MUJDECI, M; ISILDAR, AA; UYGUR, V; ALABOZ, P; UNLU, H; SENOL, H. Cooperative effects of field traffic and organic matter treatments on some compaction-related soil properties. *Solid Earth*, v.8,

p.189–198, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.5194/se-8-189-2017>>. Accessed: nov. 27, 2014, doi: 10.5194/se-8-189-2017.

ROSA, DP; REICHERT, JM; MENTGES, MI; BARROS, CAP; REINERT, DJ; VIEIRA, DA. Cultivo mínimo: efeitos da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1199-1205, 2011. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001100014>>. Accessed: nov. 25, 2014, doi: 10.1590/S1415-43662011001100014.

SCAPINELLI, A; DEINA, F. R.; VALADÃO JUNIOR, D. D.; VALADÃO, F. C. A.; PEREIRA, L. B. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado . **Bragantia**, Campinas, vol.75 no.4. Available from: <<http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.286>>. Accessed: jan. 29, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.286>.

SEVERIANO, E da C; OLIVEIRA, GC de; DIAS JÚNIOR, M de S; OLIVEIRA, LFC; CASTRO, MB. Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um Latossolo e de um Cambissolo sob cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1419-1427, 2008. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400006>>. Accessed: nov. 24, 2014, doi: 10.1590/S0100-06832008000400006.

SILVA, AP; TORMENA, CA; IMHOFF, S. **Intervalo hídrico ótimo**. In: MORAES, MH; MÜLLER, MML; FOLONI, JSS. **Qualidade física do solo: métodos de estudo sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 1-18.

SILVA, CM; CATÂNEO, A; CARDOSO, LG. **Sistema de Planimetria Digitalizada**. In: **Anais da Jornada Científica da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu**. Associação dos Docentes de BotucatuSP, 1993, p.109.

VALADÃO, F. C. A., WEBER, O. L. S., VALADÃO JÚNIOR, D. D., SCAPINELLI, A., DEINA, F. R. E BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 39, pp. 243-255. (2015). <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150144>.

VANDEN BERG, GE; GILL, WR. Pressure distribution between a smooth tire and the soil. Transactions of the ASAE. **ASAE**. St. Joseph, v.5, n.2, p.105-107, 1962. Available from: <<http://dx.doi.org/10.13031/2013.4094>>. Accessed: nov. 26, 2014, doi: 10.13031/2013.4094.