

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM LATOSSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E MANEJO

ELSON DE JESUS ANTUNES JÚNIOR¹, BEETHOVEN GRABRIEL XAVIER ALVES²,
ELTON FIALHO DOS REIS³

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, UEG/UnUCET, eng.agricolajunior@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Agrícola, UEG/UnUCET, thovin@hotmail.com

³ Orientador, docente do curso de Engenharia Agrícola, UEG/UnUCET, fialhoreis@ueg.br

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

RESUMO: As modificações nas propriedades físicas e mecânicas do solo, decorrentes do tráfego de máquinas nas operações agrícolas, têm sido amplamente estudadas, ressaltando-se os efeitos negativos da compactação do solo sobre a produtividade das culturas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e manejo. Os ensaios foram conduzidos em campo adotando um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 x 3, as parcelas foram constituídas de quatro sistemas de preparo e manejo do solo (plântio direto, preparo convencional, área sob pastagem e cultivo de frutíferas) e três profundidades (0–0,15; 0,15–0,30 e 0,30–0,45 m) com três repetições. As propriedades mecânicas avaliadas foram: resistência do solo à penetração e pressão de preconsolidação. Os resultados mostraram que todas as propriedades mecânicas variaram estatisticamente ($P < 0,01$) para a interação entre os sistemas de preparo e manejo e profundidade. A resistência à penetração na área sob pastagem indica que é necessário realizar escarificação a 0,15 m de profundidade para melhorar as condições físicas e mecânicas do solo. A pressão de preconsolidação crítica ao crescimento e desenvolvimento das plantas, estimada para o solo avaliado, foi de 235 kPa.

PALAVRAS-CHAVE: Suporte de carga. Compactação. Índice cone.

MECHANICAL PROPERTIES OF A OXISOL UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF PREPARATION AND MANAGEMENT

ABSTRACT: The changes of soil physical and mechanical properties, arising from the traffic of machines in farming operations, have been widely studied, emphasizing the negative effects of soil compaction on crop productivity. The present work had as objective to evaluate the mechanical properties of a Oxisol under different systems of preparation and management. The tests were conducted in the field by adopting a completely randomized design with factorial arrangement 4 x 3, the plots were constituted of four systems of preparation and management (no-tillage, tillage, area under pasture and cultivation of fruit trees) and three depths (0-0.15-0.15 and 0.30 0.30;-0.45 m) with three replicates. The mechanical properties were evaluated: soil penetration resistance and preconsolidation pressure. The results showed that all the mechanical properties vary statistically ($P < 0.01$) for the interaction between the systems of preparation and management and depth. The soil penetration resistance in the area under pasture indicates that it is necessary to carry out scarification to 0.15 m depth to improve the mechanical and physical condition of the soil. The preconsolidation pressure criticism of the growth and development of plants, estimated for the soil was evaluated of 235 kPa.

KEYWORDS: Load support. Compaction. Index cone.

INTRODUÇÃO

Os Latossolos argilosos do cerrado brasileiro, suscetíveis à compactação, têm sido utilizados com sistemas de preparo que revolvem o solo. Este revolvimento, associado a chuvas intensas, de alta erosividade, e a temperaturas elevadas, degrada rapidamente o solo, comprometendo a sustentabilidade da atividade agrícola, segundo Silveira e Stone (2003).

A principal causa de alteração do comportamento mecânico dos solos está ligada ao seu manejo, bem como a intensidade de tráfego, peso e características das máquinas e implementos. A estimativa do comportamento mecânico do solo a partir de propriedades ou atributos de fácil obtenção, como a densidade e a resistência à penetração, apresenta dificuldades, visto que essas últimas dependem de fatores relacionados com as propriedades ou atributos de cada solo. Portanto, o desenvolvimento de funções que facilitem a compreensão da susceptibilidade do solo à compactação depende do efeito da compactação nas propriedades físicas do solo (SUZUKI et al., 2008).

Uma forma de avaliar os solos é por meio da tensão de preconsolidação que é obtida a partir de uma curva de compressão do solo. Desta maneira, pode-se definir a pressão de preconsolidação como um valor estimado da pressão máxima que um solo suportou no passado (DIAS JUNIOR et al., 2007), e é um indicador útil da resistência intrínseca do solo e de sua capacidade de suporte de carga em dada umidade (RÜCKNAGEL et al., 2007).

O problema da compactação/adensamento do solo vem aparecendo sistematicamente em todas regiões do Brasil, principalmente na região do Cerrado, onde os sistemas convencionais de manejo do solo promovem a desagregação excessiva da camada arável. Como alternativa, os agricultores vêm adotando o Plantio Direto (PD). Baseado na ausência de movimentação do solo e na manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo, o PD altera a dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica modificando, principalmente, os processos intrínsecos do solo, provocando alterações na sua estrutura e na dinâmica físico-hídrica. Em várias situações, porém, têm sido relatadas ocorrências de aumento da densidade do solo e diminuição da macro porosidade com o uso do PD. O processo de compactação devido ao fato de, supostamente, prejudicar o crescimento das raízes e o movimento vertical de água, leva o agricultor a movimentar o solo, desfazendo o trabalho biológico e físico de vários anos, destruindo a estrutura do solo, provoca a rápida mineralização da matéria orgânica e prejudica a atividade biológica (STONE et al., 2002).

Quantificar a qualidade do solo não é tarefa fácil; a dificuldade advém do fato de que a qualidade do solo depende de suas propriedades intrínsecas, de suas interações com o ecossistema e, ainda, de prioridades de uso, influenciadas inclusive, por aspectos socioeconômicos e políticos (COSTA et al., 2006).

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em área localizada na estação experimental da EMATER de Anápolis, GO, cujas localizações geográficas são definidas pelas coordenadas 16° 20' 10" S e 48° 52' 58" W (Plantio Direto), 16° 20' 28" S e 48° 53' 30" W (Plantio Convencional), 16° 20' 16" S e 48° 53' 25" W (Pastagem) e 16° 20' 41" S e 48° 52' 35" W (Frutíferas) com altitude média de 1043 m.

Os ensaios foram conduzidos em campo adotando um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 x 3, as parcelas foram constituídas de quatro sistemas de preparo e manejo do solo (plantio direto, preparo convencional, área sob pastagem e cultivo de frutíferas) e três profundidades (0 – 0,15; 0,15 – 0,30 e 0,30 – 0,45 m) com três repetições. As amostras foram extraídas em pontos com áreas de aproximadamente um metro quadrado, retirando toda a cobertura superficial. As profundidades foram medidas utilizando-se uma régua graduada em centímetros.

A resistência à penetração foi determinada nas profundidades de 0 a 600 mm, empregando-se um penetrômetro eletrônico Falker PLG 1020, seguindo-se as normas da ASAE S 313 (ASAB, 2006). A velocidade de penetração da haste foi mantida próxima a 30 mm s⁻¹, de acordo com a

instrumentação do aparelho. Foi utilizado um cone com diâmetro de 12,83 mm e ângulo de penetração de 30°. A resolução do equipamento é de 7,7 MPa e o índice de cone máximo permitido de 7700 kPa. Convém ressaltar que a determinação da resistência à penetração foi realizada num período em que o solo apresentava valores relativamente altos de teor de água (próximos à capacidade de campo) em todos os tratamentos.

Foram retiradas em cada profundidade do solo amostras com estrutura preservada (Figura 1A), que em laboratório foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, utilizando-se um consolidômetro automático com IHM da marca Masquetto (Figura 1B), cuja aplicação das pressões se faz por meio da utilização de ar comprimido. As pressões aplicadas a cada amostra obedeceram à seguinte ordem: 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kPa, sendo cada uma aplicada até que 95% da deformação máxima fosse alcançada, e só então aplicou-se uma nova pressão (SILVA et al., 2007). As amostras indeformadas foram retiradas e colocadas em bandejas de poliestireno (150x150x30 mm) nas dimensões 15x15x15 cm e envolvidas com papel filme a fim de conservar a estrutura do solo.

Os dados da pressão de preconsolidação foram corrigidos de acordo com a umidade volumétrica (DIAS JUNIOR, 1994), de acordo com a Equação 1:

$$\sigma_p = 10^{(a+bU_v)} \quad (1)$$

em que:

σ_p - Pressão de preconsolidação (kPa);

U_v - Umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$); e

"a" e "b" - parâmetros empíricos de ajuste do modelo, ou seja, o coeficiente linear e angular, respectivamente.



A



B

FIGURA 1. Amostras e equipamento utilizado na realização do ensaio de compressão uniaxial. A – Amostras indeformadas; B – Consolidômetro automático com IHM.

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância pelo teste de F a 5% de probabilidade e, quando houve diferença significativa entre os tratamentos, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey e também submetidas à análise de regressão. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o programa SISVAR 5.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância dos atributos mecânicos do solo são apresentados na Tabela 1, onde, a resistência à penetração foi altamente significativa ($P < 0,01$) para os sistemas de preparo e manejo, profundidade e interação entre ambos. A pressão de preconsolidação foi altamente significativa ($P < 0,01$) para os sistemas de preparo e manejo e interação entre os sistemas de preparo e manejo e profundidade, sendo significativamente influenciada ($P < 0,05$) pela profundidade.

TABELA 1. Resumo da análise de variância das variáveis expressa pelo quadrado médio dos atributos mecânicos do solo: resistência a penetração (kPa) e pressão de preconsolidação (kPa).

FV	GL	Resistência à Penetração	Pressão de Preconsolidação
SPM	3	320.052,324074**	2.269,663041**
PROF	2	159.967,861111**	436,002008*
SPM*PROF	6	233.268,379630**	645,639438**
Resíduo	22	17.520,972222	87,010847
	C.V.:	10,83	3,65
	Média Geral	1.222,14	209,11

^{ns}: não significativo (P>0,05); * significativo à 5% de probabilidade (P<0,05); ** significativo à 1% de probabilidade (P<0,01); C.V.: Coeficiente de Variação (%); REP: repetição; SPM: sistemas de preparo e manejo; PROF: profundidade.

Os valores médios da interação entre sistemas de preparo e manejo e profundidade da resistência à penetração estão presentes na Tabela 2. Observa-se que o maior valor de resistência à penetração foi para área sob pastagem e o menor valor para cultivo de frutíferas, 1.741,00 e 575,67 kPa, respectivamente, ambos na profundidade de 0 – 0,15 m.

TABELA 2. Valores médios de resistência à penetração (kPa) de acordo com a interação entre sistemas de preparo e manejo e profundidade.

Profundidade (m)	Preparo e Manejo			
	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pastagem	Frutífera
0 – 0,15	1.386,00 aB	575,67 bC	1.741,00 aA	1.186,67 aB
0,15 – 0,30	1.382,33 aA	1.185,00 aA	1.400,00 bA	1.382,67 aA
0,30 – 0,45	933,33 bA	1.162,33 aA	1.158,33 bA	1.172,33 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>5%).

A pressão exercida pelas máquinas e implementos utilizados no plantio direto, que é distribuída na superfície e sobre as camadas subjacentes, bem como a aplicação de agroquímicos, que na grande maioria das vezes é realizada na umidade próxima da umidade de capacidade de campo o que favorece a compactação dos solos (BRAIDA et al., 2006), é, provavelmente, a causa dos valores encontrados na camada de 0 – 0,30 m, valores estes menores que o valor de 2.000 kPa empregado por vários autores como crítico ao crescimento e desenvolvimento de plantas (SEMMELE et al, 1990; SUZUKI et al., 2007).

O maior valor de resistência à penetração encontrada na profundidade de 0,15 – 0,45 m no plantio convencional deve estar associado, provavelmente, à mobilização do solo empregado nesse tipo de preparo, bem como o monocultivo, que de acordo com Borges et al. (2004), esta prática acarreta na destruição dos agregados maiores e menores, bem como na própria distribuição do tamanho das partículas do solo com predomínio das frações de areia e silte, originando assim solos com baixa estabilidade de agregados, o que favorece a formação de camadas compactadas.

Os maiores valores de resistência à penetração para a profundidade de 0 – 0,30 m encontrados na área sob pastagem, que de acordo com Trimble & Mendel (1995), podem estar relacionado à força aplicada pelos cascos dos animais já que é normalmente subestimada por ser concebida como estática; no entanto, ao se movimentar, o animal transfere a massa do corpo para uma ou duas de suas patas, que gera um efeito de sobre pressão. O valor médio de resistência à penetração, 1.741,00 kPa, encontrado na camada de 0 – 0,15 m está próximo do valor crítico (2.000 kPa) estabelecido por alguns autores, o que evidencia a degradação desta pastagem, provavelmente pela alta taxa de unidade animal presente na área e a falta de manutenção da mesma.

Os valores de resistência à penetração encontrados no cultivo de frutíferas para as diferentes profundidades propiciam um sistema favorável ao crescimento e desenvolvimento das raízes.

Segundo Young (1997) as árvores fornecem proteção ao solo quanto ao impacto das gotas de chuva, mantém o teor de matéria orgânica e, ainda, melhoram suas propriedades físicas.

A Figura 2 apresenta os valores de resistência à penetração para os diferentes sistemas de preparo e manejo no perfil do solo. É possível notar que apenas uma pequena camada (0,15 – 0,20 m) do plantio direto se encontra na faixa entre 1.500 e 2.000 kPa, já a área sob pastagem apresenta uma camada de, aproximadamente, 0,15 m (0,02 – 0,17 m) na faixa que abrange 1.500 a 2.000 kPa, fator que pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular de forrageiras, de acordo com Marchão et al. (2007), forrageiras que apresentam hábito de crescimento cespitoso, tornam o solo mais susceptível à ação da compactação superficial pelo pisoteio animal. Nota-se, também, que todos os sistemas de preparo e manejo, exceto o plantio convencional, apresentaram uma redução no valor de resistência à penetração após os 0,26 m de profundidade, que pode ser esclarecido pela menor interferência das forças que são aplicadas na extremidade do solo sobre camadas mais profundas.

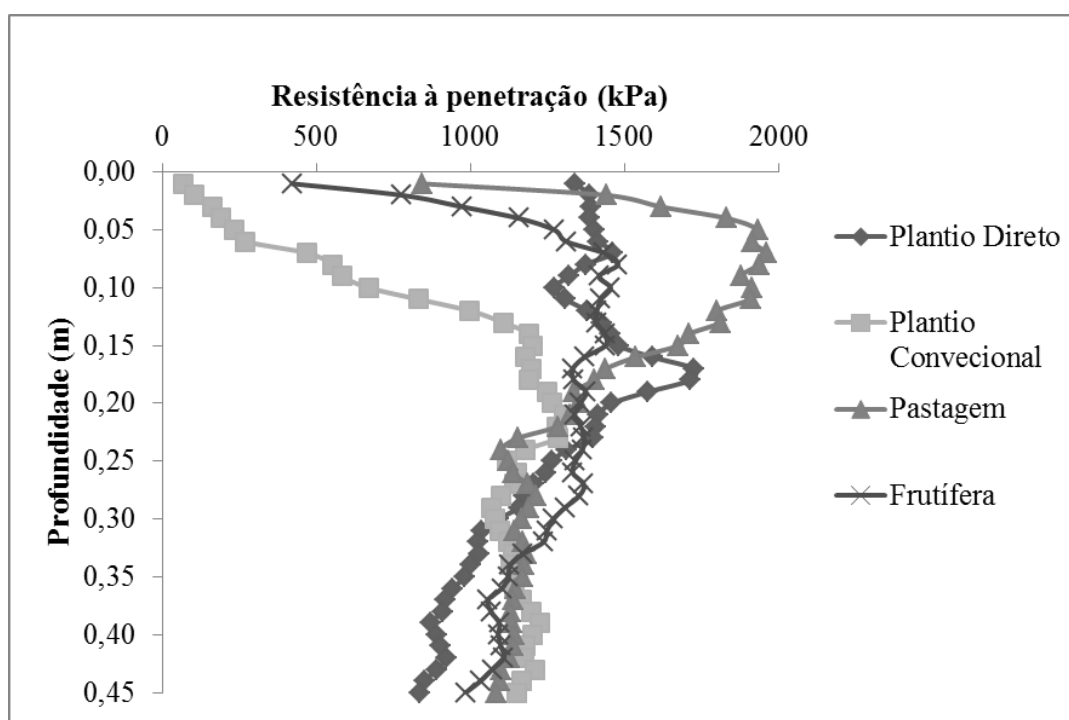


FIGURA 2. Resistência à penetração no perfil do solo em função dos diferentes sistemas de preparo e manejo do solo.

A equação para determinação da pressão de preconsolidação (kPa) em função da umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$) é dada por: $\sigma_p = 10^{(4,3017 - 4,7571Uv)}$.

Os valores de pressão de preconsolidação para a interação entre sistemas de preparo e manejo e profundidade estão presentes na Tabela 3, de acordo com a mesma, a maior pressão foi encontrada na área sob pastagem (232,04 kPa) e o menor valor está presente no cultivo de frutíferas (178,45 kPa), ambos na profundidade de 0 – 0,15m.

TABELA 7. Valores médios de pressão de preconsolidação (kPa) de acordo com a interação entre sistemas de preparo e manejo e profundidade.

Profundidade (m)	Preparo e Manejo				
	Plantio Direto	Plantio Convencional	Pastagem	Frutífera	Testemunha*
0 – 0,15	221,68 abA	188,76 bB	232,04 aA	178,45 aB	128,27
0,15 – 0,30	223,55 aA	222,95 aA	222,28 abA	188,85 aB	132,87
0,30 – 0,45	206,42 bAB	221,55 aA	210,42 bA	192,40 aB	165,76

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 5\%$). *Amostras retiradas em área sob mata nativa, os valores apresentados não constam na análise de variância.

CONCLUSÕES

A resistência à penetração na área sob pastagem indica que é necessário realizar escarificação a 0,15 m de profundidade para melhorar as condições físicas e mecânicas do solo.

A pressão de preconsolidação (kPa) em função da umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$) pode ser determinada pela equação: $\sigma_p = 10^{(4,3017 - 4,7571Uv)}$, para o solo avaliado.

A pressão de preconsolidação (kPa), para o solo avaliado, pode ser estimada a partir da resistência à penetração (kPa) pela seguinte equação: $\sigma_p = 0,032RP + 170,03$.

A pressão de preconsolidação crítica ao crescimento e desenvolvimento das plantas, para o solo avaliado, é de 235 kPa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARAES, P. T. G.; ALCANTARA, E. N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.115-131, 2011.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J.W. & JONES, A., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASABE Standard S313.2**. St. Joseph, 2006, p.903-904.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; PINTO, L. F. S.; LEITZKE, V. W. Resistência à penetração de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.1, p.83-86, 2004.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; GOMES de SOUSA, D. M. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, 2006.

DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under longterm tillage and wheel traffic**. East Lansing, Michigan State University, 1994. 114p. (Tese de Doutorado)

DIAS JUNIOR, M. S.; FONSECA, S.; ARAÚJO JUNIOR, C. F.; SILVA, A. R. Soil compaction due to forest harvest operations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.257-264, 2007.

DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, A. R.; FONSECA, S.; LEITE, F. P. Método alternativo de avaliação da pressão de preconsolidação por meio de um penetrômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.805-810, 2004.

HAKANSON, I.; VOORHEES, W. B.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop responses in different traffic regimes. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.11, p.239-282, 1988.

KONDO, M. K. & DIAS JUNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.497-506, 1999.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LIMA, H. V.; LEÃO, T. P. Heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.409-414, 2004.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.873-882, 2007.

PEREIRA, J. O.; SIQUEIRA, J. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, S. L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.171-174, 2002.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.381-384, 2008.

RÜCKNAGEL, J.; HOFMANN, B.; PAUL, R.; CHRISTEN, O.; HÜLSBERGEN, K.J. Estimating precompression stress of structured soils on the basis of aggregate density and dry bulk density. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.92, n1-2, 213-220, 2007.

SEMMELE, H.; HORN, R.; HELL, U.; DEXTER, A. R.; SCHULZE, E. D. The dynamics of soil aggregate formation and the effect on soil physical properties. **Soil Technology**, Amsterdam, v.3, p.113-129, 1990.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.6, p.921-930, 2006.

SILVA, R. B.; LANCAS, K. P.; JUNIOR MASQUETTO, B. Consolidômetro: equipamento pneumático-eletrônico para avaliação do estado de consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 607-615, 2007.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. II – Grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.9-15, 2002.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SOUSA, A. R.; SILVA, A. B.; RESENDE, M. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza, **Anais...**, Fortaleza: SBCS, p.327, 1998.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.8, p.1159-1167, 2007.

SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; LIMA, C. L. R. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.963-973, 2008.

TRIMBLE, S. W. & MENDEL, A. C. The cow as a geomorphic agent – A critical review. **Geomorphology**, v.13, p.233-253, 1995.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2nd ed. Nairobi: CAB Internacional, 1997. 320p.