

# Resistência mecânica à penetração sob diferentes sistemas de uso do solo

R. P. Lima<sup>1</sup>; M. J. León<sup>2</sup> & A. R. Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife-PE, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, 58397-000, Areia-PB, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, Universidade de São Paulo, 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil

renato\_agro\_@hotmail.com

(Recebido em 03 de julho de 2012; aceito em 03 de junho de 2013)

O cultivo do solo sob diversos sistemas de manejo tem provocado mudanças nas propriedades físicas e morfológicas do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar a influência de três diferentes formas de uso do solo sobre a resistência mecânica à penetração (RMP). O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim, CCA/UFPA, Areia, Paraíba. O estudo foi conduzido em Latossolo Amarelo sob três sistemas de uso do solo. Foram coletados dados de resistência mecânica do solo à penetração (RMP) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm em oito pontos amostrais de cada sistema de uso: campo nativo, área cultivada e área de pastagem. O solo sob cultivo apresentou RMP máxima de 1,917 MPa. Na área sob pastagem constatou-se média máxima de 2,698 MPa. A área de cultivo foi a que apresentou, no geral, os menores valores médios de resistência mecânica à penetração. A área de pastagem apresentou os maiores valores de resistência mecânica à penetração nos primeiros 30 cm de profundidade. Em profundidades superiores a 30 cm, os maiores valores médios de resistência mecânica à penetração foram observados no campo nativo.

Palavras-chave: pastagem; compactação; física do solo

## Soil Mechanical Resistance to Penetration under different soil use systems

Several management systems have caused alterations on soil physical and morphological properties. For this reason, the aim of the present study was to assess the influence of three different forms of soil utilization on the mechanical resistance to penetration (MRP). The study was carried out at Fazenda Experimental Chã-de-Jardim, CCA/UFPA, Areia, Paraíba state. It was conducted in Yellow Latosol under three systems of soil management. MRP data were collected at the depth 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm on eight sample point of each system: native field, cultivated and grazing area. The cultivated soil showed maximum MRP of 1.917 MPa. On the other hand, in grazing area it was verified the maximum media of 2.689 MPa. In general, the cultivated area was those that presented the lower mean of MRP, in contrast with the grazing area that showed higher mean in the first 30 cm of depth. At depths greater than 30 cm the highest mean of MRP it was observed in native field.

Key-words: grazing; compaction; soil physical

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do solo sob diversos sistemas de manejo tem provocado mudanças nas propriedades físicas e morfológicas do solo, resultando numa imensa variação da resistência mecânica do solo à penetração nos diferentes ambientes manejados, ocorrendo modificações na estrutura do solo devido às distintas formas de uso, que tem refletido, em alterações no arranjo das partículas na matriz do solo (Silva & Cabeda, 2006) e prejudicado o crescimento radicular das plantas (Kaiser et al., 2009).

O arranjo mais compacto de partículas do solo pode ser um fenômeno pedogenético, adquirido durante o processo de formação do solo, decorrente de ciclos de umedecimento e secagem, e, ou, expansão e contração da massa do solo. Em solos utilizados na agropecuária, no entanto, a pressão sobre o solo imposta por veículos e implementos agrícolas (Cavaliere et al.,

2009) ou por pisoteio animal tem sido destacada na literatura como a principais causas da compactação (Costa et al., 2009).

Solos trabalhados sob sistema convencional são intensamente revolvidos, provocando diversas alterações nas propriedades físicas. Estes sistemas utilizam diversas combinações de implementos agrícolas, resultando em camadas compactadas abaixo da profundidade de corte, alterando o comportamento da infiltração e escoamento das águas (Louzada et al, 2007). Reichert et al. (2009) comentam que as operações agrícolas que envolvem mobilização e tráfego de máquinas alteram a estrutura do solo e modificam as condições que determinam o ambiente de crescimento radicular.

No ecossistema das pastagens, o solo pode ser considerado como um elemento determinante para o crescimento das gramíneas, pois os seus atributos físicos e químicos atuam diretamente no processo de estabelecimento e desenvolvimento destas plantas (Pignataro Netto et al., 2009). Os autores ainda comentam que o pisoteio dos animais ao longo do tempo nas áreas de pastagem pode afetar os atributos físicos do solo pela deformação de sua estrutura, promovendo mudanças na densidade e porosidade, e influenciando na resistência mecânica à penetração, provocando a compactação do solo. Imhoff et al. (2000) afirmam que em pastagens, a compactação pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais.

Para avaliar a compactação, a resistência do solo à penetração tem sido frequentemente utilizada, por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação (Stolf, 1991). Assim, diferentes sistemas de manejo resultarão em diferentes condições físicas do solo, que poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e à produtividade das culturas (Reichert et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi determinar a resistência mecânica à penetração sob três diferentes formas de uso do solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado em abril de 2011, na fazenda de Chã de Jardim, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, município de Areia, localizado na Microrregião Geográfica do Brejo Paraibano, sob as coordenadas geográficas 6° 58' 12" S e 35° 42' 15" W. Segundo Köppen, o clima é As', quente e úmido com chuvas de outono-inverno e precipitações médias anuais de 1.200 a 1.400 mm, sendo que mais de 75% estão concentradas nos meses de março-agosto, temperatura média anual oscilando entre 22 a 26 °C e umidade relativa do ar entre 75 a 87% (Brasil, 1972).

O estudo foi conduzido em uma área de Latossolo Amarelo (Embrapa, 2006), sob três sistemas de uso do solo, quais sejam: Campo Nativo (CN), Área Cultivada (AC) e Área de Pastagem (AP), em locais distintos. O CN corresponde a um fragmento nativo intacto na Fazenda Cha-de-Jardim, em que as condições físicas do solo foram preservadas pela manutenção da vegetação natural e pela ausência de cultivo ou qualquer outra forma de manejo. A AC vinha sendo utilizada sob intervalos de cultivo há 25 anos e no momento da amostragem estava sob pousio após colheita de milho. No ultimo cultivo, no caso o milho, o preparo do solo foi realizado com uma aração e uma gradagem. A área de pastagem, sob *Brachiaria decumbens*, recebe animais, bovinos, há 25 anos, com taxa de lotação variada. Após a implantação do primeiro pasto, não houve renovação da pastagem no decorrer dos anos. Todas as áreas selecionadas estão situadas numa mesma posição topográfica.

Em cada área, correspondente a um sistema de uso do solo, foi delimitada uma parcela de dimensão 35×35 m, onde aleatoriamente, oito pontos amostrais foram considerados para a coleta de dados. Em cada ponto amostral foram coletados dados de resistência mecânica do solo à penetração (RMP) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm e retiradas amostras de solo nas camadas 0-20 e 20-40 cm para determinação da granulometria e da umidade do solo. Estas amostras foram depositadas em um recipiente e revestidas com papel alumínio para o transporte até o laboratório. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do CCA/UFPB segundo Embrapa (1997).

Para obtenção dos dados de resistência mecânica a penetração utilizou-se um penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG – PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados. O penetrômetro foi configurado para registrar leituras a cada 10 mm de incremento de profundidade trabalhando a velocidade de penetração constante.

Os dados de RMP foram submetidos ao teste F segundo o modelo de análise de variância de um delineamento completamente aleatorizado e esquema de parcelas subdivididas em faixas, considerando-se como uma parcela um ponto amostral, com oito repetições, e como subparcela cada profundidade de coleta da RMP, totalizando 120 determinações. Considerou-se como unidade observacional uma das cinco profundidades de coleta em um ponto amostral em um local contendo um sistema de uso do solo. De acordo com o resultado do teste F o teste *post-hoc* de Duncan foi utilizado para comparações múltiplas de médias. Para realizar inferências foi adotado o nível de 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível verificar as características texturais e a umidade do solo para as três áreas em estudo, com destaque para classificação textural do solo, sendo de textura argila arenosa nos três sistemas em análise.

*Tabela 1: Análise granulométrica, classificação textural e umidade sob diferentes sistemas de uso do solo.*

Profundidade (cm)	Análise granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )								
	Campo nativo			Área cultivada			Área de pastagem		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
<b>0-20</b>	404,38	94,36	501,27	381,36	92,05	526,58	391,56	94,51	513,92
<b>20-40</b>	422,77	115,30	461,93	490,42	62,87	446,70	411,09	145,87	443,04
----- argila arenosa -----									
	Umidade do solo (g g <sup>-1</sup> )								
<b>0-20</b>	0,14			0,10			0,10		
<b>20-40</b>	0,16			0,11			0,10		

Observa-se na Tabela 1 que os três sistemas em estudo apresentam as mesmas características texturais, sendo esta uma condição importante a ser ressaltada, haja vista a influência da textura nos atributos mecânicos do solo (Lima et al., 2013). A textura do solo indica a proporção entre diferentes tamanhos de partículas constituintes do solo, influencia o comportamento do solo submetido a pressões externas, pois determina o atrito entre as partículas e a ligação entre elas (Horn & Lebert, 1994).

Ainda na Tabela 1 verificam-se os teores de umidade do solo nos diferentes sistemas de uso. Nesta tabela é possível destacar o campo nativo com a maior percentagem de umidade nas duas camadas analisadas (Tabela 1), o que pode está relacionado ao maior conteúdo de matéria orgânica e a cobertura do solo com resíduos vegetais que diminuem as perdas de água por evaporação (Solino et al. 2010). Chen et al. (2007) comentam que a cobertura vegetal exerce uma condição importante na dinâmica da água no solo, preservando-a e conservando a umidade no solo, condição encontrada no tratamento com vegetação nativa.

Os tratamentos com solo cultivado e pastagem apresentaram conteúdo de água no solo semelhante nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm (Tabela 1), variando entre 0,10 e 0,11 e 0,10 e 0,10 g g<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes tratamentos foram influenciados por revolvimentos e pressões externas, modificando o sistema e alterando suas propriedades físicas. Oliveira et al. (2011) e Azenegashe et al. (1997) comentam que um incremento na compactação do solo e o efeito de alterações sucessivas de sua estrutura resulta em modificações na densidade, diminuição da porosidade total, desuniformidade na distribuição do diâmetro dos poros e nas suas propriedades hidráulicas, afetando o armazenamento de água no solo.

Na Tabela 2 é possível observar a comparação entre médias dos sistemas de uso do solo em cada profundidade. Dentre os três sistemas analisados a área cultivada é a que apresenta menor resistência mecânica a penetração em relação ao campo nativo e a área de pastagem (Tabela 2), com valores entre 1,0 e 1,9 MPa. Como exposto na metodologia esta área sofreu aração e gradagem recentemente para o cultivo do milho, o que provocou desagregação da camada arável, contribuindo para uma menor resistência a penetração ao longo do perfil. Freddi et al. (2006) comentam que embora o preparo convencional tenha a finalidade de gerar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, promovem a desagregação excessiva da camada arável.

*Tabela 2: Comparações entre médias de sistema de uso do solo em cada profundidade, e entre médias de profundidade do solo em cada sistema de uso para a variável resistência mecânica à penetração (RMP, em MPa).*

Sistema de uso do solo	Profundidade (cm)				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
AC	1,418 bB	1,892 bA	1,555 bB	1,565 cB	1,917 bA
CN	1,515 bC	2,428 aA	2,087 aB	2,436 aA	2,361 aA
AP	2,110 aBC	2,698 aA	2,285 aB	1,883 bC	1,966 bC

*AC: Área cultivada; CN: Campo nativo; AP: Área de pastagem. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.*

Os menores valores de RMP encontrado no solo cultivado (Tabela 2) concordam com Abreu et al. (2004) que, estudando escarificação mecânica para a redução da compactação constataram que menores valores de RMP foram observados em solo revolvido quando comparado com outros sistemas de uso do solo, inclusive sem revolvimento. Os autores acrescentam que com revolvimento do solo, a mobilização deve ter reduzido a coesão do mesmo, concluindo que a resistência mecânica à penetração foi máxima nos tratamentos sem preparo do solo. Mazurana et al. (2011) comentam que a prática de revolvimento tem sido indicada e empregada para solos que apresentam suspeitas de compactação, gerando benefícios imediatos com a ruptura das camadas compactadas, explicando os baixos valores de RMP no tratamento que recebeu cultivo.

Hill & Cruse (1985) estudaram em duas áreas experimentais, durante dois e oito anos contínuos a resistência do solo à penetração em solos sob a cultura do milho nos sistemas de cultivo mínimo, plantio direto e preparo convencional. Os autores verificaram que todos os sistemas de cultivo apresentaram efeitos significativos de resistência à penetração na área com oito anos de trabalho. Porém os sistemas de cultivo mínimo e plantio direto apresentaram maior resistência do solo à penetração quando comparados com o sistema convencional.

Embora o solo sob cultivo tenha apresentado as menores médias de RMP, observa-se na Tabela 2 que na camada de 40-50 cm de profundidade ocorre um aumento imediato da RMP (Figura 1), provavelmente devido ao efeito do acúmulo das cargas dos implementos de preparo do solo utilizados, formando o chamado "pé de grade", encontrado abaixo da camada trabalhada, (Tormena et al., 1998) que resulta no aumento da resistência à penetração. Magalhães et al. (2009) também atribui este fenômeno ao preparo do solo com implementos de revolvimento da camada superficial, induzindo às deposições de sedimentos mineralógicos do solo nas camadas subsuperficiais, que não sofram a implicação do revolvimento, ocasionando o "pé de grade". Este efeito ficou evidente no tratamento que recebeu revolvimento do solo, pois a resistência à penetração passou de 1,565 para 1,917 MPa na camada subsuperficial, a partir dos 40 cm de profundidade.

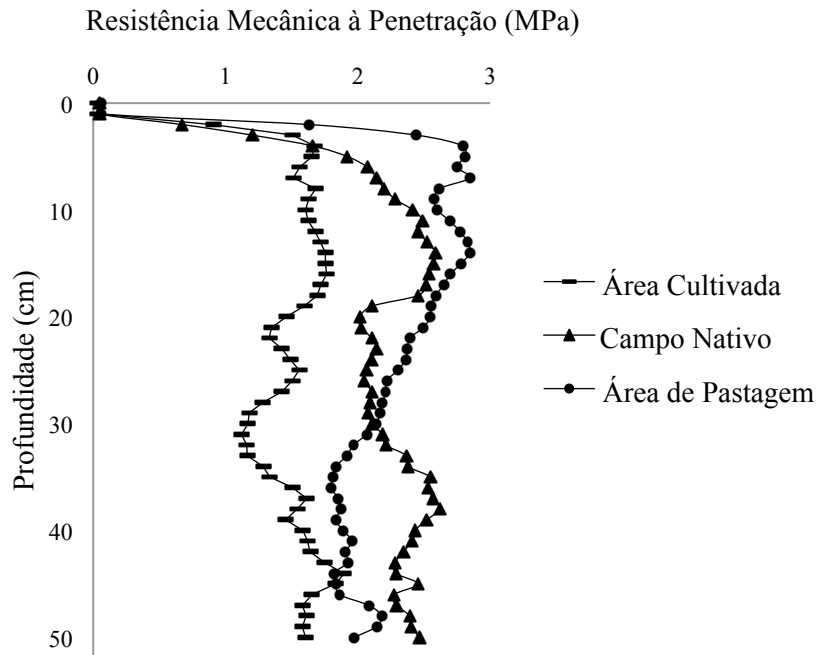


Figura 1: Comportamento da RMP sob diferentes sistemas de uso do solo.

Ralisch et al. (2008) pesquisou o comportamento da RMP em diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado e constatou menores valores nos solos cultivados sobre preparo convencional em relação a plantio direto e pastagem. Os autores ainda acrescentam que a pastagem apresentou maior valor de resistência à penetração na superfície, devido, provavelmente, ao pisoteio dos animais, concordando com os resultados apresentados na Tabela 2, em que a área sob pastagem apresentou as maiores médias de RMP entre os três sistemas avaliados.

As médias de RMP da área de pastagem superaram as do campo nativo até a camada de 30 cm de profundidade (Tabela 2; Figura 1), resultado também encontrado por Mota et al. (2011) quando estudaram a qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e evidenciaram a degradação dos atributos físicos do solo nas camadas superficiais nos tratamentos sob pastagem. Marchão et al. (2007) pesquisaram a qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado e verificaram maior RMP nas camadas superficiais em áreas de pastagem, provocando, portanto, compactação superficial, caso não encontrado nos outros sistemas analisados pelos pesquisadores. Os autores ainda verificaram que nos sistemas em pastagem os valores de RMP, assim como a densidade do solo, foram superiores aos observados nos demais sistemas. Fato que também pode ser observado na Tabela 2 e na Figura 1.

As pastagens em geral possuem alta RMP, apresentando compactação no perfil proveniente do pisoteio animal. Senra et al. (2007) constataram que o pisoteio animal causou compactação nos primeiros centímetros do solo, encontrando valores de resistência mecânica próximos a 4,0 MPa. De acordo com Balbinot Junior et al. (2009), a presença de animais em áreas cultivadas pode provocar compactação do solo, especialmente na camada superficial (0 a 10 cm).

Souza et al. (2003) realizaram trabalho e constataram uma significativa alteração em atributos físicos, ao compararem solos sob pastagem com solos sob cerrado nativo, demonstrando o efeito do uso do mesmo na perda de sua qualidade física, através da compactação causada pelo pisoteio animal. Imhoff et al. (2000) atribui a ocorrência de compactação nas pastagens a elevada pressão exercida sobre o solo pelos animais, em função da elevada massa corporal aplicada em uma pequena área de contato.

#### 4. CONCLUSÃO

O solo sob diferentes sistemas de uso apresentou comportamento distinto quanto à resistência mecânica à penetração.

A área de cultivo foi a que apresentou os menores valores de resistência mecânica a penetração.

A área de pastagem apresentou os maiores valores de resistência mecânica à penetração nos primeiros 30 cm de profundidade.

O campo nativo apresentou os maiores valores de resistência mecânica à penetração após 30 cm de profundidade.

- 
1. ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28 (3): 519-531 (2004).
  2. AZENEGASHE, O. A.; ALLEN, V.; FONTENOT, J. Grazing sheep and cattle together or separately: Effect on soil and plants. *Agronomy Journal* 89: 380-386 (1997).
  3. BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavourapecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural* 39 (6): 1925-1933 (2009).
  4. BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. I – Levantamento exploratório reconhecimento de solos da Paraíba. II - Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: (1972). 670 p. (MA, Boletim Técnico, 15, Série Pedologia, 8).
  5. CAVALIERI, K. M. V.; SILVA, A. P.; ARVIDSSON, J.; TORMENA, C. A. Influência da carga mecânica de máquina sobre propriedades físicas de um cambissoloháplico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (33): 477-485 (2009).
  6. CHEN, L.; HUANG, Z.; GONG, J.; FU, B.; HUANG, Y. The effect of land cover/vegetation on soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. *Catena* 70: 200-208 (2007).
  7. COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; SILVA, F. R. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (33): 235-244 (2009).
  8. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro. (2006). 306 p.
  9. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ. (1997). 212p.
  10. FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J.. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. *Engenharia Agrícola* 26 (1): 113-121 (2006).
  11. HILL, R. L.; CRUSE, R.M. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Science Society of America Journal* 49: 1270-1273 (1985).
  12. HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: Soane, B. D., Van Ouwertkerk, C. Soil Compaction in Crop Production. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 45 – 69.
  13. IMHOFF, S.; SILVA, A. P. DA; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35 (7) 1493-1500 (2000).
  14. KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; COLLARES, G. L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 845-855 (2009).
  15. LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Revista Ceres* 60 (1): 16-20 (2013).
  16. LOUZADA, R. O. ; SENRA, A. F.; VITORINO, A. C. T.; Souza, C. M. A.; Mochi Victor, D.. Resistência à penetração em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. *Revista Científica Agropecuárias* (16): 31-36 (2007).
  17. MAGALHÃES, W. A.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; MENDES SILVA, W.; CARVALHO, J. M.; MOTA, M. S. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. *Revista Agrarian* 2 (6): 21-32 (2009).
  18. MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; CAROLINO DE SÁ, M. A.; VILELA, L & BECQUER. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42 (6) 2007.

19. MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J. & CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35 (4): 2011.
20. MOTA, M. S.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M.; MAGALHÃES, W. A.; CREMON, T. Qualidade e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de manejo. *Revista Agrarian* 4 (12): 105-112 (2011).
21. OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. Compressibilidade de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Impresso)* 15 (5): 435-442 (2011).
22. PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J.. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 1441-1448 (2009).
23. 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* 12 (4): 381-384 (2008).
24. REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J. & RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (44): 310-319 (2009).
25. SENRA, A. F.; LOUZADA, R. O.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; VICTOR, D. M.. Resistência a penetração em “Latosolo Vermelho” sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias* 16: 31-36 (2007).
26. SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.. Modificações na matriz de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10 (4): 554-562 (2006).
27. SOLINO, A. J. S.; FERREIRA, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A.; NEGREIROS, J. R. S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. *Revista Caatinga* 23 (2): 18-24 (2010).
28. SOUZA, Z. M.; Alves, M. C. Movimento de água e resistência a penetração e um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10 (4): 554-562 (2006).
29. STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 15 (2): 229-35, 1991.
30. TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22 (2): 301-309 (1998).