

# ATRIBUTOS FÍSICOS DO NEOSSOLO REGOLÍTICO DISTRÓFICO SOB PASTAGEM SUBMETIDO À COLHEITA MECANIZADA DA FORRAGEM E PASTEJO ANIMAL<sup>1</sup>

V. N. NASCIMENTO<sup>2\*</sup>, G. L. P. ALMEIDA<sup>2</sup>, P. H. D. BATISTA<sup>2</sup>, A. S. COUTINHO<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Recebido em 19/02/2017. Aprovado em 16/08/2017.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

\*Autor correspondente: adriel\_sales2009@hotmail.com

RESUMO: O pastejo de bovinos e a utilização de máquinas em várias operações de preparo, semeadura, tratos culturais, colheita, entre outros, nos solos brasileiros tem sido apontada como a principal causa da compactação. Esse efeito reduz o crescimento e o desenvolvimento radicular, aumenta a perda de nitrogênio por desnitrificação e a erosão do solo pela menor infiltração de água. Diante disso, objetivou-se determinar e avaliar os atributos físicos e a velocidade de infiltração básica de água em um Neossolo Regolítico sob pastagem com diferentes formas de manejo (área sob pastejo extensivo e colheita mecanizada de forragem). O estudo foi conduzido na Fazenda Roçadinho, município de Capoeiras, Agreste de Pernambuco, sob pastagem com capim Búffel (*Cenchrus ciliaries L.*) em pastejo contínuo de bovinos, com lotação média de 2 unidades animais (vacas leiteiras com peso vivo médio de 450 kg), e sob cultivo da mesma forrageira, ambos estabelecidos há mais de 5 anos, com colheita mecanizada da forragem, com a colhedora acoplada ao reboque do trator e com engate para carreta. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, aplicando-se o teste F a 5% de significância. O pastejo contínuo ocasionou maior resistência à penetração e densidade e menor porosidade do solo em comparação à área onde é realizada a colheita mecanizada de forragem, assim como uma menor velocidade de infiltração básica do solo. O pisoteio animal causa maior compactação do solo quando comparado à colheita mecanizada de forragem, portanto, a área de pastejo extensivo apresenta maior resistência à penetração e densidade, e obtém menor porosidade total e velocidade de infiltração da água na camada superficial do solo.

Palavras-chave: compactação, infiltração, mecanização.

## PHYSICAL ATTRIBUTES OF A DYSTROPHIC REGOLITHIC NEOSOL UNDER PASTURE SUBMITTED TO MECHANICAL FORAGE HARVESTING OR ANIMAL GRAZING

ABSTRACT: Cattle grazing and the use of machines for different operations such as tillage, sowing, cropping and harvesting in Brazilian soils have been indicated as the main cause of soil compaction. This effect reduces root growth and development and increases the loss of nitrogen due to denitrification and soil erosion due to reduced water infiltration. The objective of this study was to evaluate the physical attributes and basic water infiltration rate in a Regolith Neosol under pasture submitted to different types of management (extensive grazing and mechanical forage harvesting). The study was conducted on the Roçadinho Farm, municipality of Capoeiras, Agreste de Pernambuco, under Buffel grass (*Cenchrus ciliaries L.*) in a continuous grazing system of cattle, with an average stocking rate of 2 animal units (dairy cows with a mean live weight of 450 kg), and under growth of the same forage. Both areas were established more than 5 years ago, with mechanical forage harvesting where the harvester is coupled to the tractor and with trailer hitch. A completely randomized experimental design was used, with application of the F test at a 5% level of significance. Continuous grazing resulted in greater penetration resistance and bulk density and lower soil porosity compared to the area submitted to mechanical forage harvesting, as well as a lower basic soil infiltration rate. Animal trampling causes greater soil compaction than mechanical forage harvesting. Consequently, the extensive pasture area exhibits greater penetration resistance and bulk density and a lower total porosity and water infiltration rate in the superficial soil layer.

Keywords: compaction, infiltration, mechanization.

## INTRODUÇÃO

O Brasil deteve o segundo maior rebanho de bovinos do mundo no ano de 2014, atrás apenas da Índia, apresentando um efetivo de bovinos de 212,34 milhões de cabeças de gado, um aumento de 0,3% em relação ao registrado no ano anterior. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram um crescimento do efetivo de bovinos de 2,5%, 1,4% e 0,2% respectivamente, em relação a 2013 (IBGE, 2014).

No Agreste pernambucano, a pecuária bovina contribuiu para o desenvolvimento e é atividade de maior importância (MACHADO *et al.*, 2010), participando com 73% da produção leiteira de Pernambuco no ano de 2008, onde a microrregião do Vale do Ipojuca, foi a segunda maior produtora, com cerca de 130.000 litros (SEBRAE, 2010).

A compactação é um processo de densificação que aumenta as perdas de nitrogênio por desnitrificação e a erosão, danifica os atributos físicos do solo que exercem papel determinante na produtividade das pastagens e reduz o crescimento, o desenvolvimento radicular e a infiltração de água no solo (SILVA *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2012). O pisoteio dos animais pode afetar várias propriedades físicas, como a resistência à penetração (SOUZA *et al.*, 2005; MAGALHÃES *et al.*, 2010; TORRES *et al.*, 2012;), densidade, porosidade total, macroporosidade (GAGGERO *et al.*, 2002; SOUZA *et al.*, 2005; SALES *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2010) e pode ocasionar alteração na estabilidade dos agregados pela desagregação ou desestruturação dos mesmos (SANTOS *et al.*, 2010), assim o manejo inadequado das pastagens pode ser apontado como um fator relevante para a diminuição da velocidade de infiltração de água no solo.

A infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. Em solo compactado ocorre menor infiltração de água e, assim, maior escoamento superficial e além das consequências para a conservação dos solos, o adensamento e a baixa infiltração tornam as plantas mais suscetíveis a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais (ROSOLEM *et al.*, 1994). Para REICHERT *et al.* (2003), a qualidade física do solo está associada à boa infiltração, retenção e disponibilidade de água para as plantas. Segundo SALES *et al.* (1999) e MUSY e SOUTER (2001) a condutividade hidráulica do solo saturado pode representar a velocidade de infiltração básica do solo, pois, após um elevado tempo de infiltração da água no solo a variação da velocidade de infiltração é pequena, podendo ser considerada como uma constante.

Não é apenas o pastejo que tem influência na compactação dos solos brasileiros, com a intensificação do uso da tecnologia para aperfeiçoar a produção rural, o peso das máquinas e equipamentos tem aumentado à intensidade do uso do solo, causando a degradação dos mesmos (STRECK *et al.*, 2004).

Diante da importância da bovinocultura para o Agreste de Pernambuco, maior região produtora de leite do Estado, objetivou-se com este trabalho a determinação e avaliação dos atributos físicos e a velocidade de infiltração básica de água em um Neossolo Regolítico sob pastagem com diferentes formas de manejo (área sob pastejo extensivo e colheita mecanizada de forragem).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Roçadinho, uma propriedade comercial de criação de bovinos de leite localizada no município de Capoeiras, Região Agreste do Estado de Pernambuco, situada na latitude sul de 8° 36', longitude oeste de 36° 37' e altitude de 700 m (Figura 1). O clima é caracterizado segundo a classificação de Koppen como semi árido do tipo Bsh, com temperatura média anual de 22,1°C e pluviosidade média anual de 588 mm (BARROS *et al.*, 1998). A área de estudo é formada por pastagem de capim Búffel (*Cenchrus ciliaris* L.) com altura média de 60 cm, em solo classificado como Neossolo Regolítico Distrófico (MORRIL *et al.*, 2012), cuja caracterização física do solo é apresentada na Tabela 1.

Na avaliação da resistência à penetração, umidade e densidade do solo foram delimitadas duas áreas experimentais contíguas de um hectare, com



Figura 1. Localização da Fazenda Roçadinho no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco.

**Tabela 1. Caracterização física do solo utilizado**

Característica	Neossolo Regolítico distrófico
Areia (g/kg)	697
Silte (g/kg)	147
Argila (g/kg)	157

Fonte: (MORRIL *et al.*, 2012).

pastagem de capim Búffel (*Cenchrus ciliaris* L.). A área 1: pastejo contínuo de bovinos, com lotação média de 2 unidades animais (vacas leiteiras com peso vivo médio de 450 kg); e área 2: colheita mecanizada da forragem, com a colhedora acoplada ao reboque do trator, com engate para carreta. Ambas as áreas experimentais foram manejadas a mais 5 anos.

As amostras foram coletadas de maneira indeformada com uso de um amostrador do tipo Umland. Para cada tratamento foram estabelecidos 5 pontos de amostragem (repetições), via caminhamento zigue-zague, nas profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Para avaliar a compactação causada pelos dois sistemas de manejo sobre o solo foi medida a umidade gravimétrica, que é o conteúdo de água no solo em base de massa (Ug, g/ g), a densidade do solo (Ds, g/cm<sup>3</sup>) e a resistência à penetração (RP, MPa).

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, descrito por Forsythe (1975), relacionando a massa de solo seca a 105°C e volume conhecido do anel de extração. O anel utilizado no experimento foi de 1 cm de diâmetro e 1 cm de altura. As amostras coletadas foram secas em estufa à temperatura de 105°C até massa constante. Depois de secas as amostras foram pesadas para esses valores serem utilizados na Equação 1. Os resultados foram expressos em g/cm<sup>3</sup>.

$$DS = \frac{MSS}{V} \quad (1)$$

em que, DS: densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>); MSS: massa do solo seco (g); V: volume total (cm<sup>3</sup>).

Para determinação da umidade no solo foi empregado o método gravimétrico. Neste método, o solo foi pesado quando úmido e seco, onde essa secagem foi feita em estufa à 105°C até peso constante (KLEIN, 2012). Os valores obtidos anteriormente foram usados na Equação 2, com a finalidade de determinar a umidade do solo. Esses resultados foram expressos em g/g.

$$US = \frac{MSU - MSS}{MSS} \quad (2)$$

em que, US: umidade do solo (g/ g); MSU: massa de solo úmida (g); MSS: massa de solo seco (g).

A determinação da RP foi realizada por penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucas-Stolf. A massa de 4 kg sofreu uma queda livre de 40 cm, em que o número de impactos (1/dm) foi transformado em resistência dinâmica (kgf/cm<sup>2</sup>) por meio da Equação 3, proposta por STOLF (1991). Para converter a RP, que se encontrava em kgf/cm<sup>2</sup>, para MPa, o resultado obtido a partir da Equação 3 foi multiplicado pela constante 0,098, conforme TAVARES FILHO e RIBON (2008).

$$RP = 5,6 + (6,89 \times N) \quad (3)$$

em que, RP: resistência à penetração (kgf/cm<sup>2</sup>); N: número de impactos (1/dm).

A RP foi classificada de acordo com Soil Survey Staff (1993), em que, Baixa: RP < 0,1 MPa; Moderada: 0,1 - 0,2 MPa; Alta: 2,0 - 4,0 MPa; Muito Alta: 4,0 - 8,0 MPa; Extremamente Alta: RP > 8,0 Mpa.

A porosidade do solo foi determinada pela Equação 4, utilizando os valores da densidade do solo e da densidade de partículas, determinado pelo método do balão volumétrico, de acordo com KLEIN (2012).

$$P = \left[ 1 - \left( \frac{DS}{DP} \right) \right] \quad (4)$$

em que, P: porosidade total; DS: densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>); DP: densidade de partículas (g/cm<sup>3</sup>).

A velocidade de infiltração básica de água (VBI) no solo foi determinada pelo método simplificado de infiltração Beerkan, conforme BAGARELLO *et al* (2014), que é utilizado para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado.

Para realizar o teste de infiltração da água no solo foi utilizado-se um anel de pvc com 150 mm de diâmetro, 15 volumes de 150 ml de água (Figura 2) e um cronômetro. O anel foi cravado no solo a 1 cm de profundidade, em seguida despejou-se sequencialmente os volumes de água, registrando-se o tempo de infiltração para cada volume. Após foi construído um gráfico da infiltração acumulada em relação ao tempo para cada ponto amostral e realizada a análise de regressão linear e o valor do coeficiente angular (b) juntamente com o raio do anel (r = 75 mm) e o valor do  $\alpha$  é tabelado conforme a granulometria, sugerido por ELRICK e REYNOLDS (1992) ( $\alpha = 0,012$ ) (Equação 5).





Figura 2. Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo.

$$Kfs = \frac{b}{0,467 \left( \frac{2,92}{r^* \alpha} + 1 \right)} \quad (5)$$

em que, Kfs: condutividade hidráulica do solo saturado; b: coeficiente angular da reta de regressão linear; r: raio do anel (r = 75 mm); α: valor tabelado conforme granulometria do solo (α = 0,012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (pastejo contínuo e colheita mecanizada de forragem). As variáveis mensuradas (densidade, umidade, resistência à penetração, porosidade e velocidade de infiltração da água no solo) foram avaliadas por meio da análise de variância, aplicando-se o teste F a 5% de significância, utilizando-se do software SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A textura do solo estudado é classificada como franco-arenosa (Tabela 1). De acordo com SILVA e CASTRO (2013) solos arenosos é menos propensos a compactação quando comparados com solos argilosos, devido a alta plasticidade e coesão entre partículas, onde a resistência decresce com a umidade.

Nos dois tipos de manejo utilizados foi observado que o pastejo contínuo causou maior compactação do que a colheita mecanizada (P<0,05). Os dados da Tabela 2 indicaram que houve diferença significativa entre os valores de densidade somente nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, enquanto que ocorreu diferença significativa entre os valores de porosidade para todas as profundidades.

Segundo CERVELATI *et al.* (2011), a compactação do solo é uma alteração estrutural, na qual ocorre uma reorganização das partículas e de seus agregados, resultando no aumento da densidade do solo e redução da porosidade total. Dessa forma, os maiores valores de densidade e menores valores de porosidade encontrados na área que estava submetida ao pastejo contínuo afirmam uma maior compactação do solo, em relação aos resultados obtidos na área onde houve a colheita mecanizada de forragem.

A resistência do solo à penetração (RP) também foi maior no pastejo contínuo em relação à colheita mecanizada (P<0,05), sendo classificada de acordo com as classes da Soil Survey Staff (1993), na camada de 0-0,10 m de profundidade como alta e moderada, respectivamente, e como alta nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m. Estes últimos resultados, em sua maioria, estão no limite proposto por IMHOFF *et al.* (2000) que afirmam que a RP limitante ao crescimento radicular de plantas perenes é de 2,5 MPa, ultrapassando-o apenas quando o solo esteve submetido ao pastejo extensivo, na última camada avaliada (Figura 3).

Tabela 2. Valores médios da umidade, densidade e porosidade total do solo

Profundidade (m)		Pastejo Extensivo	Colheita Mecanizada	<sup>1</sup> CV (%)
0-0,10	Umidade (g/g)	7,90	10,5	11,44
	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,59	1,5	4,81
	Porosidade total	0,33	0,41	12,04
0,10-0,20	Umidade (g/g)	6,51	9,76	16,33
	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,64	1,50	3,97
	Porosidade total	0,33	0,40	9,82
0,20-0,30	Umidade (g/g)	7,62	9,84	17,24
	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,64	1,55	3,72
	Porosidade total	0,31	0,38	9,17

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas na mesma linha, diferem pelo teste F (P < 0,05).

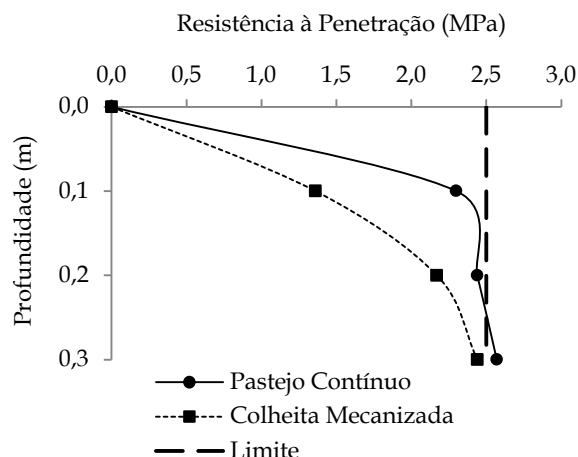


Figura 3. Resistência do solo à penetração para diferentes sistemas de manejo.

Conforme TORRES (2012), um bovino com peso entre 70 a 500 kg exerce uma pressão de compactação de 0,07 a 0,21 Mpa. No entanto, GAGGERO (2002) constatou que dois pontos requerem atenção no manejo animal sobre pastagens: a pressão de pastejo e a movimentação dos animais, de acordo com o mesmo autor o peso do animal se multiplica durante a movimentação, sendo consideravelmente maior. A compactação causada pelo pisoteio animal no solo é atribuída ao peso do animal ser transmitido ao solo pela superfície do casco, ocasionando em uma pressão maior.

O menor valor foi constatado para a umidade do solo no sistema de pastejo (Tabela 2) que ocorreu possivelmente devido ao manejo da área de colheita mecanizada, uma vez que colhedora deixa sobre o solo uma quantidade de palha em função da trituração do capim durante a colheita, diferentemente da área de pastagem em que os animais estão continuamente em pastejo, e, portanto, o solo fica mais descoberto, contribuindo para que tenha maior perda de água. Ademais, na área onde é realizada a colheita mecanizada existe uma maior cobertura vegetal do que na área de pastejo dos animais.

Os valores encontrados para a RP corroboram MOTA *et al.* (2011) que obteve em uma área de Latossolo Vermelho Distroférico sob pastagem os maiores valores de resistência à penetração do solo, quando comparada a mata nativa e colheita mecanizada de cana-de-açúcar. De acordo com a Figura 3, a resistência à penetração está classificada como alta, mas os valores encontrados para as profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m encontram-se no limi-

te do valor destacado por IMHOFF *et al.* (2000), que afirmaram que a resistência à penetração limitante ao crescimento radicular de plantas perenes é de 2,5 MPa.

Os valores da velocidade de infiltração básica do solo para cada sistema de manejo estão apresentados na Tabela 3. O solo do pastejo contínuo apresentou uma menor velocidade de infiltração básica (VIB), provavelmente por conta da menor cobertura vegetal na área de pastejo dos animais do que onde foi feita a colheita mecanizada de forragem. A menor VIB ocasionou um maior escoamento superficial, o que pode causar maior erosão do solo.

Tabela 3. Valor médio da velocidade de infiltração básica do solo

	Pastejo Extensivo	Colheita Mecanizada
VIB <sup>1</sup> (mm/h)	2,45	5,88

<sup>1</sup>VIB = Velocidade de infiltração básica de água no solo.

No estudo da infiltração de água após a primeira, décima primeira e décima quinta passada dos animais em solo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, cultivado com pastagem de *Brachiaria brizantha* e com período de ocupação dos piquetes de seis dias e descanso e renovação do capim de trinta dias, MIGUEL *et al.* (2009) observaram redução da velocidade de infiltração de água no solo de 73,3% na camada superficial após a última ocupação do piquete para pastejo. Desta forma, pode ser evidenciado que o pastejo bovino diminuiu a infiltração de água no solo, corroborando os resultados achados nesse estudo, em que o solo pastejado obteve menor condutividade hidráulica quando comparado com a área de colheita mecanizada.

## CONCLUSÃO

O pisoteio animal causa maior compactação do solo quando comparado à colheita mecanizada de forragem, portanto, a área de pastejo extensivo apresenta maior resistência à penetração e densidade, e menor porosidade total e velocidade de infiltração da água na camada superficial do solo.

## REFERÊNCIAS

BARGARELLO, V.; DI PRIMA, S.; LOVINO, M.; PROVENZANO, G. Estimating field-saturated soil

- hydraulic conductivity by a simplified Beerkan infiltration experiment. **Hydrological Processes**, v. 28, p. 1095-1103, 2014. <https://doi.org/10.1002/hyp.9649>
- CERVELATI, K.F.; SOUZA NETO, E.L.; EGUCHI, E.S.; SILVA, M.R.; PIERANGELI, M.A.P. Efeito de diferentes sistemas de pastejo em atributos físicos do solo. **PUBVET**, v. 5, n. 22, p.1136- 1142, 2011. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v5n22.1142>
- COSTA, M.A.T.; TORMENA, C.A.; LUGÃO, S.M.B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W.G.; MEDEIROS, F.M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 993-1004, 2012. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832012000300029>
- ELRICK, D.E.; REYNOLDS, W.D. Methods for analyzing constant-head well permeater data. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 320-323, 1992. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600010052x>
- FORSYTHE, W. **Física de solos**: manual de laboratório. New York: University Press, 1975. 324p.
- GAGGERO, M.R.; TREIN, C.R.; IPPOLITI, G. Influência de sistemas de preparo e pastejo nas características físicas do solo. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, p. 1-16, 2002.
- GUERRA, H.C. **Física dos solos**. Campina Grande, PB: UFPB, 2000.
- IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1493-1500, 2000. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2000000700025>
- INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal**. Brasil, v. 42. 2014.
- KLEIN, V.A. **Física do solo**. 2ª Edição. Passo Fundo, RS: Editora Universidade de Passo Fundo, 2012. 240 p.
- MACHADO, K.M.S.; PEIXOTO, J.L.; AMADOR, M.B.M. O avanço da pecuária bovina sobre as áreas de cultivo de alimentos básicos e suas implicações no município de lagoa do ouro-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 6, p. 27-42, 2010. <https://doi.org/10.17271/1980082767201066>
- MAGALHÃES, W.A.; CREMON, C.; MAPELLI, N.C.; SILVA, W.M.; CARVALHO, J.M.; MOTA, M.S. Determinação da resistência do solo à penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Revista Agrarian**, v. 2, p. 21-32, 2010.
- MIGUEL, F.R.M.; VIEIRA, S.R.; GREGO, C.R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1513-1519, 2009. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2009001100020>
- MORRILL, W.B.; ROLIM, M.M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E.M.; OLIVEIRA, V.S.; ALMEIDA, G.L. Produção e nutrientes minerais de milho forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 182-188, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662012000200008>
- MOTA, M.S.; CREMON, C.; MAPELLI, 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**, v.4, n. 12, 2011.
- MUSY, A.; SOUTER, M. **Physique du Sol**. Lausanne: Presses Polytechniqueset Universitaires Romandes, 1991.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.
- ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H.;MORAES, M.H. de. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.491-497, 1994.
- SALES, L.E.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.F. Qualidade física de neossolo quartzênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 667-674, 2010. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542010000300020>
- SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2091-2095, 1999. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x1999001100016>
- SANTOS J.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, I.F.; SILVA, D.S.; SANTOS, E.M.; SILVA, A.P.G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. **Revista Ciência Rural**, v. 40, p. 2486-2492, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782010001200008>
- SEBRAE. **Bovinocultura de Leite**. Recife: SEBRAE, 2010. (Boletim Setorial do Agronegócio, nº 3)
- SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás. **Revista Territorial-Goiás**, v. 2, p. 106-127, 2013.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p.795-801, 2000. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782000000500009>
- SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. Notas Científicas Atributos físicos de um Neossolo

- Quartzênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1135-1139, 2005.
- STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 299-235, 1991.
- STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, p. 755-760, 2004. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782004000300016>
- TAVARES FILHO, J.; RIBON, A.A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.487-494, 2008. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000200003>
- TORRES, J.L.R.; RODRIGUES JUNIOR, D.J.; SENE, G.A.; JAI-ME, D.G.; VIEIRA, D.M.S. Resistência à penetração em área de pastagem capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 232-239, 2012.