

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO DE ÁREAS CULTIVADAS COM PASTAGEM E EUCALIPTO CONVERTIDAS DE ÁREA DA FLORESTA ATLÂNTICA

Joabe Martins de Souza^{1*}

SAP 13802 Data envio: 14/03/2016 Data do aceite: 27/05/2016

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, out./dez., p. 487-492, 2016

RESUMO - Diante das várias áreas de florestas nativas convertidas nos últimos anos em áreas para o cultivo de espécies agrícolas, buscando o aumento da produção, objetivou-se com esse trabalho avaliar as propriedades físicas do solo em áreas cultivadas com pastagem e eucalipto convertidas de área da floresta Atlântica. O experimento foi em parcelas subdivididas com três repetições, sendo as parcelas três áreas diferentes, mata nativa (cobertura original), pastagem e eucalipto, e as subparcelas três profundidades (0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m). Amostras indeformadas foram utilizadas para a determinação da densidade do solo, macro e microporosidade, diâmetro médio geométrico (DMG) e ponderado (DMP). A pastagem e o eucalipto apresentaram maior densidade do solo em relação à mata nativa. A mata nativa e eucalipto apresentaram maior microporosidade nas camadas mais profundas, diferindo da camada superficial do solo que apresentou menor microporosidade e maior macroporosidade. A cobertura de eucalipto apresentou maior DMG e DMP entre as áreas convertidas, já o maior DMG e DMP foram encontrados na cobertura de mata nativa diferindo das demais. A conversão de área de floresta atlântica em áreas agricultáveis influenciou as propriedades físicas do solo apenas na profundidade de 0,00-0,20 m do solo. As propriedades físicas da área de eucalipto foram as que mais se aproximaram da mata nativa.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, estrutura do solo, *Eucalyptus grandis*, manejo do solo, mata nativa.

SOIL PHYSICAL PROPERTIES OF AREAS CULTIVATED WITH GRASSLAND AND EUCALYPTUS CONVERTED FROM THE ATLANTIC FOREST AREA

ABSTRACT - In the face of various areas of native forests converted in recent years in areas for the cultivation of agricultural species, seeking increased production, this work aimed to evaluate the physical properties of soil in areas cultivated with grassland and eucalyptus converted from forest Atlantic area. The experiment was subdivided plots with three replications, as the plots three different areas, native forest (original cover), pastures and eucalyptus, and the subplots three depths (0.00-0.20; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m). Undisturbed samples were used for the determination of soil density, macro and microporosity, geometric mean diameter (GMD) and ponderate (PMD). The grassland and eucalyptus showed higher soil density compared to native forest. The native forest and eucalyptus showed higher microporosity in the deeper layers, differing from the surface layer of the soil showed lower microporosity and macroporosity greater. Eucalyptus coverage showed higher GMD and PMD between the converted areas, already the largest GMD and PMD were found in native forest cover, differing from the others. The conversion of Atlantic forest area of farmland affected the physical properties of soil only in the depth of 0.00 to 0.20 m above the ground. The physical properties of eucalyptus area were the most neared the native forest.

Key words: *Brachiaria decumbens*, soil structure, *Eucalyptus grandis*, soil management, native forest.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a qualidade do solo tem sido fator de grande preocupação, de forma que sua utilização intensa pode reduzir sua capacidade em ser sustentavelmente produtivo. A perda da qualidade física do solo implica em condições desfavoráveis a estruturação, com formação de agregados pouco estáveis, elevada densidade, maior resistência à penetração de raízes e, resultando em condições que restringem o desenvolvimento e produção das culturas vegetais, bem como a preservação dos recursos naturais (LIMA et al., 2013).

A densidade do solo fornece indicações a respeito do estado de conservação de um solo, sobretudo em sua influência em propriedades como: infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade do solo aos processos erosivos, sendo largamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (TORMENA et al., 1998; KLEIN, 2008).

A qualidade do solo pode ser medida pela agregação, pois a manutenção da estrutura do solo facilita a aeração e a infiltração de água e reduz a erodibilidade (FERREIRA et al., 2010). Um dos métodos mais

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário, CEP 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. E-mail: joabenv@gmail.com. *Autor para correspondência

utilizados para se conhecer a agregação do solo é a avaliação da estabilidade dos agregados em água.

Por outro lado, o material constituinte do solo, assim como os sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal, tem muita influência nos seus valores. Logo, pode-se ter em solos de mesma textura e material de origem diferentes valores de massa específica no perfil (JORGE et al., 2012), sendo alterada pelo cultivo, pela compressão de máquinas agrícolas, por animais e condições ambientais do meio (ARSHAD et al., 1996).

Dentre vários fatores edafoclimáticos que afetam a produtividade das culturas, as propriedades físicas do solo favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessárias para a obtenção e manutenção de elevadas produtividades, que, segundo Vitória et al. (2012), depende de vários fatores, dentre os quais a densidade e a porosidade do solo, sendo o manejo uma das fontes mais importantes de variabilidade das propriedades físicas do solo. Para a permanência de elevadas produtividades, os solos devem possuir suficiente espaço poroso (macro e microporos) para o movimento da água e gases, bem como resistência favorável à penetração e desenvolvimento das raízes (PARENTE; MAIA, 2011). Souza et al. (2014) relatam que a resistência à penetração correlacionou-se positivamente com densidade e microporosidade do solo e negativamente com macroporosidade e volume total de poros, indicando assim a importância dessas propriedades para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

Diante das várias áreas de florestas nativas convertidas, nos últimos anos, em áreas para o cultivo de espécies agrícolas, buscando-se aumento da produção e emprego de diversas operações de manejo do solo, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito do manejo nas propriedades físicas do solo em áreas cultivadas com pastagem e eucalipto, convertidas de área da floresta atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em três áreas, uma área cultivada com pastagem, outra com eucalipto, convertidas de área da floresta Atlântica, e mata nativa representando a cobertura original, localizadas na rodovia Nova Venécia, São Mateus, Espírito Santo, entre as latitudes 18° 74' S e 18° 75' S, e longitudes 40° 21' W e 40° 19' W e altitude de 154 m.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estação seca, com temperatura variando de 11,8 a 18 °C no mês mais frio, e 30,7 a 34,0 °C no mês mais quente, temperatura média anual de 24 °C, e pluviosidade média anual de 1.234 mm.

Os solos predominantes nessa região são os tabuleiros costeiros que ocorrem predominantemente no norte e noroeste do estado, sendo caracterizados por horizonte coeso em camadas subsuperficiais, com duas outras feições morfológicas encontradas, fragipã e duripã, sendo estes mais frequentes nas áreas deprimidas da paisagem (MOREAU et al., 2006; IJSN, 2012). O solo das áreas em estudo foi classificado como ARGISSOLO AMARELO coeso, textura média em (0,00-0,20 m) A e argilosa em B (0,40-0,60 m), conforme Embrapa (2013).

O experimento foi realizado em parcelas subdivididas, onde as parcelas foram compostas por três coberturas vegetais, sendo: pastagem de *Brachiaria decumbens*, eucalipto e mata nativa, como referência, e três profundidades: 0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, nas subparcelas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com três repetições.

As áreas convertidas foram originadas a partir da derrubada da mata nativa, caracterizada por floresta de Mata Atlântica. A conversão dessas áreas ocorreu há sete anos, sendo a derrubada realizada com motosserras e tratores de esteira para destocas das raízes das árvores. Após um ano de derrubada, a pastagem e eucalipto foram implantados nos talhões, o tamanho das áreas era de 1 ha, localizadas uma próxima da outra, sendo a divisão entre elas feita por carreadores.

A mata nativa é caracterizada com espécies do Bioma Mata Atlântica, como o pau-brasil, jequitibá, quaresmeiras, jambo, palmito, ipê-rosa. No sub-bosque é encontrado árvores menores, que abriga numerosas epífitas, bromélias, orquídeas e samambaias.

A pastagem formada por *Brachiaria decumbens* não recebeu nenhum tipo de manejo do solo, apenas períodos de pousio no pastejo, conduzida sob pastoreio rotativo, com ciclo de pastejo de 42 dias e taxa de lotação animal de 2,42 UA ha⁻¹, em sistema semi-intensivo.

A área de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) foi recém cortado (3 meses), sendo implantada com um trator Carterpillar D6 com ripper de 0,80 m de profundidade para operação de subsolagem do solo, no espaçamento de 3 x 3 m. O primeiro corte se deu aos seis anos de idade e a coleta dos dados nessa área foi realizada três meses após o corte.

As variáveis estudadas foram: umidade do solo, densidade do solo, porosidade do solo e a estabilidade de agregados. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (g cm⁻³), com amostras indeformadas coletadas em cada área, sendo três amostras por profundidade, com o auxílio de um amostrador Uhland, utilizando cilindros com 0,05 m de diâmetro e 0,05 m de altura. A macroporosidade e microporosidade foram determinadas por meio da mesa de tensão (m³ m⁻³), e a umidade volumétrica, determinada com base no volume (m³ m⁻³), apresentada em porcentagem. As determinações seguiram as metodologias contidas em Embrapa (2011).

A estabilidade dos agregados foi determinada utilizando-se o aparelho de Yoder, após um pré-umedecimento lento por capilaridade (EMBRAPA, 2011). Para a separação das classes de tamanho dos agregados foram utilizadas peneiras com as seguintes malhas: 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25 mm. Posteriormente foi calculado o diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se de acordo com a análise de variância que houve interação entre áreas e profundidade do solo para todas as propriedades físicas estudadas (Tabela 1), resultados esse diferentes dos encontrados por Sperandio et al. (2013), que verificaram que interação entre as diferentes áreas cultivadas (pastagem, café Conilon e mata nativa) e as profundidades não foi significativa para a densidade do solo e porosidade total.

As áreas de pastagem e eucalipto apresentaram mesmo comportamento estatístico para a densidade do solo nas profundidades de 0,00-0,20 m e 0,40-0,60 m, diferindo da mata nativa. Na profundidade de 0,20-0,40 m a área de pastagem apresentou-se estatisticamente diferente da de eucalipto, apresentando maior densidade (Tabela 2).

TABELA 1. Valores de quadrados médios para densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), umidade do solo (Umid), diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP).

F.V.	Quadrados Médios					
	Ds	Macro	Micro	Umid	DMG	DMP
Áreas (A)	0,1810**	0,360641**	1,536386**	15,4229**	1,32**	0,5483**
Resíduo (a)	0,0044	0,026187	0,040603	0,8198	0,0028	0,0071
Profundidade (P)	0.0295**	0,594845**	1,213324**	15.0569**	0,5570**	0,2169**
Interação (A x P)	0,0052*	0,943798**	2,060860**	8,1577**	2,2519**	0,8094**
Resíduo (b)	0,0009	0,018097	0,012383	0,4410	0,0040	0,0042
C.V. (%) (a)	4,60	9,26	10,33	7,59	2,28	3,22
C.V. (%) (b)	2,18	7,69	5,70	5,57	2,74	2,49

Em que: F.V.: Fonte de Variação; C.V.: Coeficiente de Variação.

Para o teste F: * e **: significativo a probabilidade de 5% e 1%, respectivamente.

TABELA 2. Densidade (Ds) e umidade do solo (Umid) quando comparadas diferentes áreas em três profundidades de diferentes usos do solo.

Profundidade do solo (m)	Áreas		
	Pastagem	Eucalipto	Mata Nativa
	Ds (g cm ⁻³)		
0,00-0,20	1,59 Aa	1,61 Aa	1,34 Ab
0,20-0,40	1,53 Aa	1,42 Bb	1,28 Abc
0,40-0,60	1,55 Aa	1,45 Ba	1,24 Bb
	Umid (%)		
0,00-0,20	8,71 Bb	12,68 Ba	11,76 Ba
0,20-0,40	11,71 Aab	10,16 Cb	12,04 Ba
0,40-0,60	10,81 Ab	15,14 Aa	14,27 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Wendling et al. (2012) trabalhando em áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo no município de Uberlândia-MG, verificaram que as áreas com menor intensidade de manejo, como a floresta de pinus e área sem interferência antrópica, como o cerrado, apresentaram os menores valores de Ds, resultado semelhante ao encontrado nesse trabalho.

Quando comparadas as profundidades dentro de cada área, pode-se observar que a densidade do solo não variou entre as três profundidades para área de pastagem, o que pode estar relacionado com a falta de manejo e interferência direta do pisoteio do gado na área. Já a mata nativa apresentou as menores densidades do solo, diferindo nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,40-0,60 m, sendo nessa última encontrado a menor densidade (1,24 g cm⁻³) (Tabela

2), resultados semelhantes foram encontrados por Viana et al. (2011) que verificaram menores valores de Ds em áreas sob mata nativa.

Na área de eucalipto a maior Ds foi encontrada na profundidade de 0,00-0,20 m, as demais apresentaram menor Ds e foram estatisticamente semelhantes (Tabela 2). Esse resultado pode estar relacionado com o manejo realizado no plantio do eucalipto, o qual utiliza subsolagem para melhorar as propriedades físicas do solo. Souza et al. (2014) verificaram que a subsolagem diminuiu a densidade do solo e aumentou o volume total de poros.

Verifica-se que para a mata nativa, nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, os valores de densidade do solo estão acima dos valores médios considerados ideais para densidade do solo, os quais

segundo Camargo e Alleoni (1997) estão compreendidos entre 1,0 e 1,2 g cm⁻³, já nas áreas cultivadas esses valores foram acima dos ideais, indicando a existência de coesão do solo entre 0,40-0,60 m. Os altos valores de Ds podem indicar degradação do solo nas áreas cultivadas pela compactação e/ou adensamento do solo. Sperandio et al. (2013) também verificaram aumento significativo da Ds quando a vegetação natural foi substituída por culturas e pastagens.

A área cultivada com eucalipto apresentou teor de umidade semelhante à mata nativa nas profundidades 0,00-0,20 e 0,40-0,60 m. A pastagem apresentou maior umidade do solo nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, que foram estatisticamente iguais. Já a mata nativa apresentou maior umidade do solo na profundidade de 0,40-0,60 m diferindo das demais, tendo mesmo comportamento que a área com eucalipto.

Analisando dentro de cada profundidade do solo, a mata nativa e a pastagem apresentaram-se estatisticamente iguais para profundidade de 0,40-0,60 m e diferiu de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, a área com eucalipto apresentou maior macroporosidade em 0,00-0,20 m, a qual diferiu das demais áreas, sendo que a pastagem apresentou menor macroporosidade, fato ligado a maior densidade do solo (Tabela 2). A área de mata nativa apresentou macroporosidade intermediária em relação às demais áreas em todas as profundidades (Tabela 3), resultado que difere dos encontrados por Melloni et al. (2008), que trabalhando na avaliação da qualidade dos solos sob floresta de eucalipto, área com floresta de araucária, área de pastagem com braquiária e mata, verificaram que a mata apresentou maior macroporosidade do solo na profundidade de 0,00-0,20 m, diferindo para demais áreas cultivadas que foram iguais estatisticamente.

TABELA 3. Macroporosidade e microporosidade do solo quando comparadas diferentes áreas em três profundidades de diferentes usos do solo.

Profundidade do solo (m)	Áreas		
	Pastagem	Eucalipto	Mata Nativa
Macroporosidade (m ³ m ⁻³)			
0,00-0,20	0,100 Bc	0,223 Aa	0,189 Ab
0,20-0,40	0,257 Aa	0,182 Bb	0,167 ABb
0,40-0,60	0,119 Bb	0,186 Ba	0,148 Bb
Microporosidade (m ³ m ⁻³)			
0,00-0,20	0,246 Aa	0,114 Bb	0,144 Cb
0,20-0,40	0,083 Cc	0,201 Ab	0,255 Ba
0,40-0,60	0,196 Bb	0,184 Ab	0,278 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

A macroporosidade do solo apresentou-se estatisticamente diferente, entre as profundidades do solo para mata nativa e eucalipto, onde foram encontrados mais macroporos na profundidade de 0,00-0,20 m, que para o eucalipto diferiu das demais profundidades, fato que pode estar relacionado ao manejo do solo no plantio do eucalipto com subsolador, já na mata nativa foi estatisticamente igual com a camada de 0,20-0,40, porém diferiu da camada de 0,40-0,60 m, o qual está ligado a profundidade de subsolagem que foi de 0,80 m. A pastagem na profundidade 0,20-0,40 m obteve uma maior porcentagem de macroporos, diferenciando das demais profundidades do solo (Tabela 3), resultados semelhantes aos encontrados por Sperandio et al. (2013) e Wendling et al. (2012) em diferentes áreas cultivadas.

A microporosidade apresentou-se diferente da macroporosidade, em que na área com pastagem as profundidades 0,00-0,20 e 0,40-0,60 m foram estatisticamente diferentes, apesar disso, apresentaram maior microporosidade do solo em relação a profundidade 0,20-0,40 m, a qual diferiu estatisticamente (Tabela 3), resultados esse devido a maior densidade do solo nessas profundidades, já que segundo Schaffrath et al. (2008), a microporosidade do solo é uma variável que está ligada

diretamente à densidade do solo. O manejo do solo pode modificar proporcionalmente o volume de microporos em razão da alteração na quantidade de macroporos, tornando assim o solo mais ou menos homogêneo.

A área de mata nativa e eucalipto apresentaram comportamento estatístico semelhantes apresentando maior microporosidade nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, as quais difeririam para a camada superficial do solo, que apresentam menor microporosidade do solo e maior macroporosidade (Tabela 3).

Santos et al. (2010) trabalhando com atributos do solo em áreas sob pastejo verificaram que em relação à mata nativa, todas as áreas com pastagens apresentaram redução na qualidade do solo. O pisoteio dos animais favorece a compactação da camada superficial, em decorrência do aumento da sua densidade e da redução da porosidade total e macroporosidade, resultados semelhantes aos ocorridos nesse trabalho, onde pode-se verificar que na camada superficial a pastagem apresentou maior microporosidade do solo, e diferiu para a mata nativa e também eucalipto que foram estatisticamente iguais. A profundidade de 0,20-0,40 m apresentou resultado inverso a camada superficial do solo, com maior microporosidade na cobertura de mata nativa e a

profundidade de 0,40-0,60 apresentou-se estatisticamente igual para a área de pastagem e eucalipto, resultados diferentes dos encontrados por Melloni et al. (2008), que não encontraram diferenças significativas.

Quando analisado o diâmetro médio geométrico e ponderado, os quais tendem a reproduzir a desintegração dos agregados provocada pelo vento em solo seco e o segundo, refere-se à ação provocada pela chuva (RUIZ, 2004), pode-se observar o mesmo comportamento estatístico para ambos, apresentando diferença estatística para as profundidades e áreas estudadas.

TABELA 4. Diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) quando comparadas diferentes áreas em três profundidades de diferentes usos do solo.

Profundidade do solo (m)	Áreas		
	Pastagem	Eucalipto	Mata Nativa
	DMG (mm)		
0,00-0,20	0,63 Cc	2,94 Aa	2,57 Bb
0,20-0,40	2,75 Ab	1,85 Cc	2,92 Aa
0,40-0,60	2,49 Bb	2,17 Bc	2,68 Ba
	DMP (mm)		
0,00-0,20	1,57 Bc	2,97 Aa	2,79 Bb
0,20-0,40	2,85 Aa	2,32 Cb	2,96 Aa
0,40-0,60	2,72 Aa	2,55 Bb	2,87 ABa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Junqueira et al. (2010) trabalhando com pastagem e mata em Goiás, concluíram que, mesmo que o sistema de pastagem apresentou maiores DMG e DMP, não foi obtida diferença significativa do valor encontrado na mata, resultado semelhante encontrado por Rozane et al. (2010), onde os maiores valores de DMG e DMP foram encontrados na profundidade de 0,00-0,10 m, seguida de 0,10-0,20 m, para pastagem e mata, resultados esses semelhantes aos encontrados nesse trabalho. Salton et al. (2008) relataram que para manutenção de valores de DMP iguais ou superiores aos da vegetação nativa, é necessária a rotação lavoura-pastagem ou pastagem permanente.

A profundidade de 0,20-0,40 apresentou o maior diâmetro geométrico e ponderado para pastagem e mata nativa, sendo que a camada superficial (0,00-0,20 m) obteve os menores diâmetros, já para o eucalipto o maior DMG e DMP foram encontrados na profundidade de 0,00-0,20 m, e a menor de 0,20-0,40 m (Tabela 4). Os baixos valores de DMG poderiam estar relacionados com a alta compactação do solo, o que dificulta a infiltração de água no perfil pela redução da macroporosidade, contribuindo, desse modo, para o aumento do escoamento superficial (LANZANOVA et al., 2007). Por outro lado, Conte et al. (2011a; b) verificaram em área com pastagem que o DMG apresentou diferença significativa entre as duas profundidades analisadas, sendo maior na camada de 0,10-0,20 m, possivelmente relacionado ao menor efeito do pisoteio animal nesta profundidade, sobretudo a partir de 0,12 m.

A área cultivada com eucalipto apresentou maior DMG e DMP em relação às demais áreas, diferindo estatisticamente na profundidade de 0,00-0,20 (Tabela 4), nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m o maior diâmetro médio geométrico e ponderado foi encontrado na área de mata nativa, diferindo das demais, sendo que o menor DMG e DMP foram observados na área cultivada com eucalipto, ficando a pastagem em uma posição intermediária.

CONCLUSÕES

A área de eucalipto foi o que mais se aproximou da mata nativa.

As conversões das áreas de floresta atlântica em áreas agricultáveis influenciaram as propriedades físicas do solo na profundidade de 0,00-0,20 m do solo, e apresentaram um comportamento semelhante nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J., eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.123-141.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132p.
- CONTE, O.; FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; WESP, C.L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1301-1309, 2011a.
- CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, C.F.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.579-587, 2011b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FERREIRA, R.R.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.913-932, 2010.

- HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. *Advances in Agronomy*, v.38, p.95-158, 1985.
- IJSN. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória: ES, 2012. 19p.
- JORGE, R.F.; ALMEIDA, C.X.; BORGES, E.N.; PASSOS, R.R. Distribuição de poros e densidade de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. *Bioscience Journal*, v.28, supl.1, p.159-169, 2012.
- JUNQUEIRA, K.R.; CORRECHEL, V.; FILHO, R.O.C.; SANTOS, F.C.V.; JUNQUIERA, M.F.R. Estabilidade de agregados de um Neossolo quartzarênico sob pastagem e mata em Baliza-GO. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.10, p.1-7, 2010.
- KLEIN, V.A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, v.1, p.277-294, 1985.
- LIMA, I.M.A.; ARAÚJO, M.C.; BARBOSA, R.S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, Estado do Piauí. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, n.1, p.117-124, 2013.
- MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.2, p.2461-2470, 2008.
- MOREAU, A.M.S.S.; COSTA, L.M.; KER, J.C.; GOMES, F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do Tabuleiro Costeiro do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.6, p.1021-1030, 2006.
- PARENTE, H.N.; MAIA, M.O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos a com ênfase no semiárido. *Revista Trópica*, v.5, n.3, p.3-15, 2011.
- ROZANE, D.E.; CENTURION, J.F.; ROMUALDO, L.M.; TANIGUCHI, C.A.K.; TRABUCO, M.; ALVES, A.U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho distrófico, sob diferentes manejos. *Bioscience Journal*, v.26, n.1, p.24-32, 2010.
- RUIZ, H.A. **Métodos de análises físicas do solo**. Viçosa: Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 22p.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.1, p.11-21, 2008.
- 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 microrregião do brejo paraibano. *Ciência Rural*, v.40, n.12, p.2486-2492, 2010.
- SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; FIDALSKI, J. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.3, p.1369-1377, 2008.
- SILVA, C.A.T.; MARIOTTO, T.C.; NÓBREGA, P.L.H. Porosidade de Latossolos e práticas de manejo agrícola para a conservação do solo. *Revista Varia Scientia Agrárias*, v.2, n.2, p.153-164, 2012.
- SOUZA, J.M.; BONOMO, R.; PIRES, F.R.; BONOMO, D.Z. Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro Conilon submetida à subsolagem. *Engenharia na Agricultura*, v.22, n.5, p.413-425, 2014.
- SPERANDIO, H.V.; CECÍLIO, R.A.; PILON, L.C.; CAMPANHARO, W.A. Atributos físicos sob diferentes sistemas de uso no sul do Espírito Santo. *Scientia Plena*, v.9, n.7, p.1-5, 2013.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.4, p.301-309, 1998.
- VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.2105-2114, 2011.
- VITÓRIA, E.L.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; LACERDA, E.G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *Brachiaria brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.5, p.909-919, 2012.
- WENDLING, B.; FREITAS, I.C.V.; OLIVEIRA, R.C.; BABATA, M.M.; BORGES, E.N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conservação do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, v.28, n.1, p.256-265, 2012.