

ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PLANTAS INVASORAS EM UMA LAVOURA CAFEIEIRA¹

Cezar Francisco Araujo-Junior²; Moacir de Souza Dias Junior³; Geraldo Cesar de Oliveira⁴; Paulo Tácito Gontijo Guimarães⁵; Elifas Nunes Alcântara⁵

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café

²Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Doutorando em Ciência do Solo do DCS-UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista da CAPES. e-mail: cfaj@bol.com.br

³Professor Associado, Ph.D., DCS-UFLA. Bolsista CNPq. e-mail: msouzadj@ufla.br

⁴Professor Adjunto, D.Sc., DCS-UFLA.

⁵Pesquisador, D.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG CTSM. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: paulotgg@epamig.br; elifas@epamig.ufla.br

RESUMO: Atividades antropogênicas alteram a estrutura dos solos e para avaliar os efeitos das práticas de manejo de plantas invasoras no solo e no ambiente é necessário quantificar as alterações estruturais do solo. Neste contexto, objetivou-se, através deste estudo: a) desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras; b) determinar através do uso destes modelos os efeitos dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras (herbicida de pós-emergência; roçadora; enxada rotativa e grade) na estrutura de um Latossolo; c) relacionar as alterações em atributos físicos (Dsi e MO) com as possíveis alterações na capacidade de suporte de carga. A área experimental localiza-se na Fazenda da Epamig (Latitude 20°55' e Longitude 46°59'), São Sebastião do Paraíso, MG. O experimento foi instalado em blocos casualizados (DBC) com três repetições sob um Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) originado de basalto com 560 g kg⁻¹ de argila, 230 g kg⁻¹ de silte e 210 g kg⁻¹ de areia na profundidade de 25–28 cm. Em cada sistema de manejo de plantas invasoras 15 amostras indeformadas de solo foram coletadas aleatoriamente nas profundidades 0–3, 10–13 and 25–28 cm totalizando 180 amostras de [15 amostras x 3 profundidades x 4 sistemas de manejo no centro das entrelinhas dos cafeeiros]. As amostras indeformadas foram inicialmente saturadas durante 24 horas e posteriormente secas ao ar para a obtenção de diferentes umidades volumétricas. Estas amostras indeformadas foram então utilizadas no ensaio de compressão uniaxial para a obtenção da pressão de preconsolidação em diferentes umidades volumétricas. A partir do excedente das amostras indeformadas foram determinados textura e matéria orgânica. Modelos de capacidade de suporte de carga (regressões exponenciais) do tipo $\sigma_p = 10^{(a+b\theta)}$ entre pressão de preconsolidação e umidade volumétrica foram obtidas para verificar os possíveis efeitos dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras na estrutura do solo. Os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras afetaram a densidade do solo somente na profundidade de 0–3 cm. Na profundidade de 25–28 cm tanto os valores de densidade do solo como os teores de matéria orgânica foram homogêneos na mata nativa e nos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras avaliados. Os manejos de plantas invasoras realizados com a roçadora e enxada rotativa promovem a homogeneização da capacidade de suporte de carga nas três profundidades estudadas. A grade proporcionou aumento da capacidade de suporte de cargas na profundidade de 0–3 cm em relação as profundidade de 10–13 e 25–28 cm.

Palavras-Chave: resistência mecânica do solo; pressão de preconsolidação; densidade do solo; matéria orgânica.

ALTERATIONS IN STRUCTURE OF A LATOSOL (OXISOL) SUBMITTED TO DIFFERENT WEED MANAGEMENT SYSTEMS IN A COFFEE CROP

ABSTRACT: Anthropogenic activities affect soil structure and to evaluate the impact of the weed management practices on the soil environmental it is necessary to quantify the changes of soil structure. In this context, our objectives were to a) to develop the load bearing capacity models for a Dystroferic Red Latosol (LVdf-Oxisol) cultivated with coffee and submitted to different weed management systems; b) to determine through the use of these models the effect of different weed management systems (post-emergence herbicide; mechanized mower; rotary tiller and coffee tandem disc harrow) on the Latosol structure. This study was carried out in the experimental area is located in Epamig Farm in the São Sebastião do Paraíso County, Minas Gerais State (Latitude 20°55' and Longitude 46°59 '). The experiment was installed in randomized blocks (DBC) with three replications. In each management system 15 undisturbed soil samples, were collected randomly at 0–3, 10–13 and 25–28 cm depth, totaling 180 soil samples [15 samples x 3 depths x 4 weed management systems in the inter rows of the coffee plant]. The undisturbed soil samples were initially saturated and were air dried in laboratory until the volumetric moisture content was in the range of 0.05 to 0.50 cm³ cm⁻³ and then used in the uniaxial compression test to obtain the precompression stress (σ_p) at different volumetric water content (θ). From the surplus of the undisturbed soil samples it was determined the texture, the organic matter (MO). The relationship between precompression stress (σ_p) and volumetric water content (θ) (load bearing capacity model) could be described by the exponential regression of the type $\sigma_p = 10^{(a+b\theta)}$. The different weed management systems affected the soil bulk density at depth of 0-3 cm. At 25-28 cm depth the soil bulk density and organic matter were homogeneous in the native forest and in the different weed management systems. The weed

management systems accomplished with the mechanized mower and rotary tiller promote the homogenization of the load bearing capacity model in the three depths. The tandem disc harrow provided increase of the load bearing capacity at 0-3 cm depth relationship them 10-13 and 25-28 cm depths.

Key words: soil mechanical resistance; precompression stress; bulk density; organic matter.

INTRODUÇÃO

Atividades antropogênicas alteram a estrutura dos solos e para avaliar os efeitos das práticas de manejo do solo no ambiente é necessário quantificar as alterações estruturais do solo (Pagliai, 2005, 2007). Entre as técnicas de manejo, o controle, de forma correta, das plantas invasoras assume papel de fundamental importância para a estrutura do solo, pela possibilidade de melhorias em sua qualidade, conferindo-lhe condições de sustentabilidade. Assim, o manejo de plantas invasoras não pode ser analisado somente a partir de observações pontuais de um processo de competição por água e luz entre as plantas daninhas e a cultura (Faria et al., 1998). O manejo correto dessas plantas pode contribuir para a manutenção das propriedades físico-hídricas e mecânicas do solo, reduzindo a erosão e contribuindo para o aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, resultando em acréscimo na produtividade.

Devido a isso, estudos que envolvam alterações estruturais e o controle de plantas invasoras devem realizar uma caracterização completa do solo. Para a compreensão dos efeitos da matéria orgânica no alívio da compactação do solo é essencial o estudo sob diferentes solos e condições de umidade. Além disso, o efeito da matéria orgânica na regeneração da estrutura de solos compactados tem recebido pouca atenção dos pesquisadores (Zhang et al., 1997). Neste contexto, objetivou-se, através deste estudo: a) desenvolver modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras; b) quantificar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras (herbicida de pós-emergência; roçadora; enxada rotativa e grade) na estrutura de um Latossolo; c) relacionar as alterações em atributos físicos (Dsi e MO) com as possíveis alterações na capacidade de suporte de carga.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na Fazenda Experimental da Epamig (Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais) no município de São Sebastião do Paraíso (Latitude 20°55' e Longitude 46°59'), Minas Gerais. Essa área encontra-se localizada no topo da paisagem a 885 m de altitude com relevo suave ondulado e declividade de 8%. A região apresenta precipitação média anual de 1470,4 mm, temperatura média anual de 20,8 °C e temperatura média máxima de 27,6 °C e a média mínima de 14,1 °C.

O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) (Embrapa, 2006) originário de basalto com 560 g kg⁻¹ de argila, 230 g kg⁻¹ de silte e 210 g kg⁻¹ de areia na profundidade de 25–28 cm. O experimento foi instalado em blocos casualizados (DBC) com três repetições e quatro manejos de plantas invasoras avaliados: a) Herbicida de pós-emergência (HPOS); b) Roçadora (RÇ); c) Enxada rotativa (ER); d) Grade (GR). Desde a instalação do experimento no ano de 1977, os sistemas de manejo das plantas invasoras, no centro da entrelinha foram os mesmos, sendo que, o número médio de operações adotadas para o controle satisfatório das plantas daninhas, durante os anos, variou de acordo com o sistema de manejo adotado. Nas condições de manejos em que se utilizou a roçadora (RÇ) e enxada rotativa (ER) foram realizadas em média 5 operações/ano; para a aplicação do herbicida de pós-emergência (HPÓS), foram 2 aplicações/ano.

Em cada sistema de manejo de plantas invasoras 15 amostras indeformadas de solo foram coletadas aleatoriamente nas profundidades 0–3, 10–13 and 25–28 cm totalizando 180 amostras de [15 amostras x 3 profundidades x 4 sistemas de manejo no centro das entrelinhas dos cafeeiros]. As amostras indeformadas foram inicialmente saturadas em uma bandeja com água até 2/3 da altura da amostra, durante 24 horas e posteriormente secas ao ar para a obtenção de diferentes umidades volumétricas. Após atingir o equilíbrio, as amostras indeformadas foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial (Bowles, 1986). Para a realização do ensaio de compressão uniaxial, as amostras indeformadas foram mantidas nos cilindros de alumínio e estes mantidos dentro da célula de compressão e, subsequentemente, submetidos às pressões 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa. Cada pressão foi aplicada até obter 90% da deformação máxima (Taylor, 1948). As amostras foram submetidas à aplicação de pressões sucessivas, sem efetuar o descarregamento das pressões previamente aplicadas (Larson & Gupta, 1980; Kondo & Dias Junior, 1999a,b). Após a liberação da pressão, as amostras foram secas em estufa a 105°-110°C, por 24 horas, e determinada a matéria seca do solo; a densidade do solo foi calculada de acordo com Blake & Hartge (1986).

A curva de compressão foi obtida em um gráfico em que, no eixo das abscissas (X), colocou-se o logaritmo da pressão aplicada e no eixo das ordenadas (Y) a densidade do solo. O valor da pressão de preconsolidação (σ_p) foi calculado para cada amostra, utilizando-se o método proposto por Dias Junior & Pierce (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1, estão apresentados os valores de densidade do solo e matéria orgânica para o Latossolo Vermelho Distroférico cultivado com cafeeiros sob diferentes condições de manejo de plantas invasoras e sob mata nativa. Os

valores de densidade do solo foram alterados pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras na lavoura cafeeira somente na profundidade de 0–3 cm (Quadro 1). Os valores de densidade do solo não foram alterados pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras nas profundidades de 10–13 e 25–28 cm (Quadro 1). Entretanto, os valores de densidade do solo encontrados para o LVdf sob mata nativa (10–13 cm) foram menores que os valores de densidade do solo na lavoura cafeeira (Quadro 1) evidenciando a influência da ação antrópica para a implantação da lavoura cafeeira até 10–13 cm. Para a profundidade de 25–28 cm os valores de densidade do solo não foram alterados pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras na lavoura cafeeira em comparação com o solo sob mata nativa (Quadro 1). Esses resultados corroboram com Alcântara & Ferreira (2000) os quais observaram que as maiores influências do manejo de plantas invasoras em lavouras cafeeiras ocorrem até a profundidade 15 cm.

Quadro 1. Atributos físicos de um Latossolo sob mata nativa e na lavoura cafeeira em diferentes profundidades e submetidos a diversos métodos de manejo das plantas invasoras.

CONDIÇÕES AVALIADAS	Ds (Mg m ⁻³)			Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)		
	0—3	10—13	25—28	0—3	10—13	25—28
Mata nativa (MN)	0,89 Aa	0,98 Ab	1,09 Ac	2,7 Ba	2,2 Ab	1,8 Ab
Herbicida de pós-emergência (HPOS)	1,18 Ba	1,27 Bb	1,17 Aa	2,9 Ba	2,0 Bb	1,4 Ac
Roçadora (RÇ)	1,20 Ba	1,23 Ba	1,19 Aa	3,7 Aa	2,2 Ab	1,5 Ac
Enxada rotativa (ERT)	1,11 Ba	1,23 Ba	1,15 Aa	3,5 Aa	1,7 Bb	1,5 Ab
Grade (GR)	1,30 Bb	1,23 Ba	1,19 Aa	3,2 Aa	1,7 Bb	1,6 Ab

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas dentro de cada atributo não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para os valores de matéria orgânica do solo nota-se pelo quadro 1 que o manejo das plantas invasoras no centro das entrelinhas com herbicida de pós-emergência (HPOS) reduziu os valores desta variável na profundidade de 0–3 cm em relação aos demais métodos de controle de plantas invasoras avaliados nesse estudo. No entanto, ressalta-se que o controle de plantas invasoras com o herbicida de pós-emergência (HPOS) mantém os mesmos teores de matéria orgânica na profundidade de 0–3 cm quando comparado com a mata nativa que são considerados valores estáveis (Bayer & Mielniczuk, 2008). Na profundidade de 10–13 cm os maiores teores de matéria orgânica no solo foram obtidos para o solo sob mata nativa e para o solo sob o manejo roçadora. Já na profundidade de 25–28 cm os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras não proporcionaram acúmulos diferenciais na matéria orgânica e estes manejos foram iguais à área sob mata nativa.

Os modelos de capacidade de suporte de carga para o LVdf nas diferentes profundidades e usos/manejo foram ajustados conforme a equação [$\sigma_p = 10^{(a+b\theta)}$] Dias Junior & Pierce (1995), em que: σ_p é a pressão de preconsolidação (kPa); “a” é o intercepto da regressão linearizada, “b” o coeficiente angular da regressão linearizada e θ é a umidade volumétrica. Os valores de “a” variaram de 2,57 a 2,91, e os de “b”, entre -1,73 e -0,62. Os coeficientes de determinação (R^2) foram todos significativos pelo teste de t-Student, a 1% de probabilidade e variaram de 0,49 a 0,90.

Para verificar as possíveis alterações da estrutura do LVdf causadas pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras e usos, os modelos de capacidade de suporte de carga foram comparados nas diferentes profundidades dentro de cada uso e manejo de plantas invasoras (Quadro 2).

Os modelos de capacidade de suporte de carga para a mata nativa, herbicida de pós-emergência e grade nas profundidades de 0–3 e 10–13 cm foram homogêneos (Quadro 2) segundo o teste de Snedecor & Cochran (1989). Assim sendo, para cada manejo e uso, novas equações foram obtidas, considerando todos os valores de pressão de preconsolidação e umidade volumétrica (Figuras 1, 2 e 5). Os manejos de plantas invasoras roçadora e enxada rotativa promoveram a homogeneização quanto a capacidade de suporte de carga para as três profundidades estudadas (Quadro 2). Novas equações foram obtidas considerando todos os valores de pressão de preconsolidação e umidade volumétrica (Figuras 3 e 4).

Nas figuras 1 e 2, observam-se maior capacidade de suporte de carga para a profundidade de 25–28 cm em relação as profundidades de 0–3 e 10–13 cm até a umidade volumétrica de 0,25 cm³ cm⁻³ (100 kPa). Para valores de umidade superiores a 0,25 cm³ cm⁻³ observa-se uma inversão do comportamento quanto à capacidade de suporte de cargas do solo no solo sob mata nativa e com cafeeiros manejados no centro das entrelinhas com herbicida de pós-emergência. Este comportamento pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica na profundidade 0–3 cm (Quadro 1). Segundo Zhang et al. (1997) com o aumento da umidade o atrito entre as partículas do solo decresce rapidamente resultando em altas densidades do solo após a compactação. Em amostras de solo com altos conteúdos de resíduos orgânicos, há ainda atrito suficiente devido à grande área superficial e capacidade de retenção de água do resíduo. Com isso, a tensão efetiva, devido a alta sucção da água no poro, promove menor compactação conferindo maior capacidade de suporte de carga em umidades elevadas. Nessas condições solos com baixo conteúdo de matéria orgânica se tornam quase saturados e incompressíveis (Zhang et al., 1997). Outro aspecto que vale ser ressaltado é que com a morte total das plantas invasoras no sistema de manejo herbicida de pós-emergência, a formação de bioporos pelo sistema radicular

em decomposição favorece a resistência à compactação, pois solos com um pronunciado sistema poroso vertical são mais resistentes do que aqueles com sistemas porosos aleatorizados extremamente horizontais, porque estes poros verticais (bioporos) que são contrários a tensão principal (Bohne & Hartge, 1982).

Quadro 2. Teste de significância⁽¹⁾ entre os modelos de capacidade de suporte de carga⁽²⁾ de um Latossolo Vermelho distroférico para os diferentes usos e manejo de plantas invasoras.

Usos/manejo de plantas invasoras	Profundidades (cm)	F	F	
			Coefficiente angular, b	Intercepto da regressão, a
Mata nativa	0–3 x 10–13	H	ns	ns
	0–3 e 10–13 x 25–28	H	*	ns
Centro das entrelinhas da lavoura cafeeira				
Herbicida de pós-emergência	0–3 x 10–13	H	ns	ns
	0–3 e 10–13 x 25–28	H	**	ns
Roçadora	0–3 x 10–13	H	ns	ns
	0–3 e 10–13 x 25–28	H	ns	ns
Enxada rotativa	0–3 x 10–13	H	ns	ns
	0–3 e 10–13 x 25–28	H	ns	ns
Grade	10–13 x 25–28	H	ns	ns
	0–3 x 10–13 e 25–28	NH	ns	**

⁽¹⁾Snedecor & Cochran (1989); ⁽²⁾ $\sigma_p = 10^{(a + b\theta)}$; NH: não homogêneo; H: homogêneo; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ns: não-significativo.

Nas condições de manejo roçadora (Figura 3) e enxada rotativa (Figura 4) a homogeneização da capacidade de suporte de cargas a maiores profundidades pode sugerir efeitos destes equipamentos até a profundidade de 25–28 cm. Apesar de estes equipamentos serem leves (baixa massa estática) é importante ressaltar que a utilização constante de roçadoras em lavouras cafeeiras tem ocasionado maior compactação, o que pode ser atribuído ao número de operações necessárias para o controle satisfatório das plantas invasoras ao longo de um ano agrícola (Kurachi & Silveira, 1984; Alcântara & Ferreira, 2000) e devido à ação dos esquis que agem diretamente sobre o solo ou quando o tráfego dessas máquinas é realizado quando o solo apresenta alta umidade e conseqüentemente, baixa capacidade de suporte de carga (Silva et al., 2006).

Para a enxada rotativa a homogeneização da capacidade de suporte de carga para as três profundidades estudadas se deve ao revolvimento proporcionado ao solo quando se utiliza este equipamento. Nota-se ainda, que a densidade do solo permanece constante nas três profundidades quando o manejo de plantas invasoras foi realizado com a enxada rotativa.

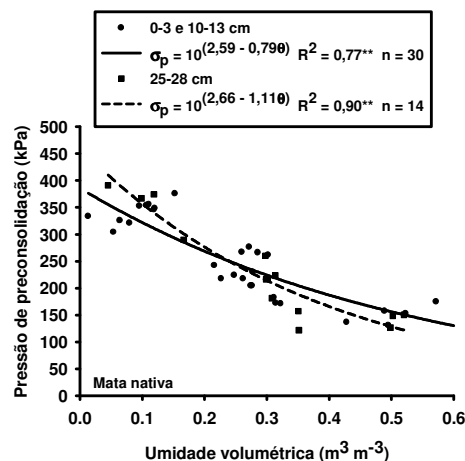


Figura 1 – Modelos de capacidade de suporte de carga em três profundidades para o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) sob mata nativa.

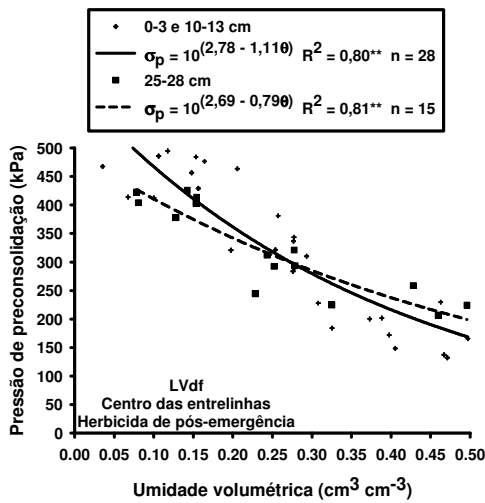


Figura 2 – Modelos de capacidade de suporte de carga em três profundidades para o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) cultivado com café e manejado no centro das entrelinhas com herbicida de pós-emergência.

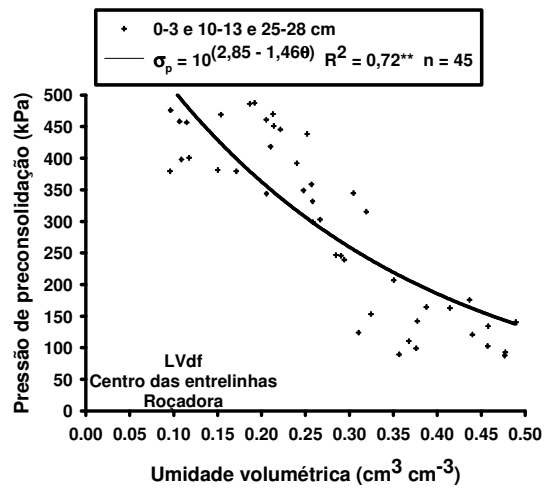


Figura 3 – Modelo de capacidade de suporte de carga em três profundidades para o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) cultivado com café e manejado no centro das entrelinhas com a roçadora.

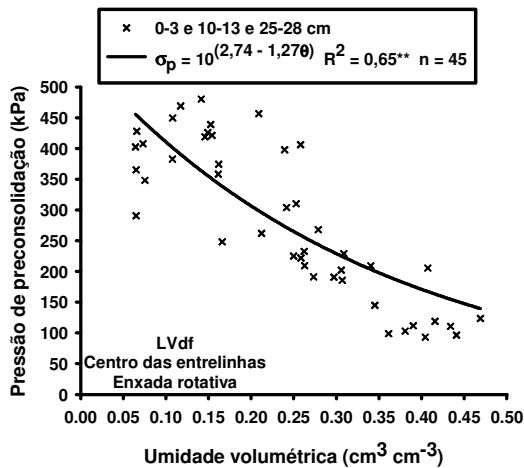


Figura 4 – Modelo de capacidade de suporte de carga em três profundidades para o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) cultivado com café e manejado no centro das entrelinhas com a enxada rotativa.

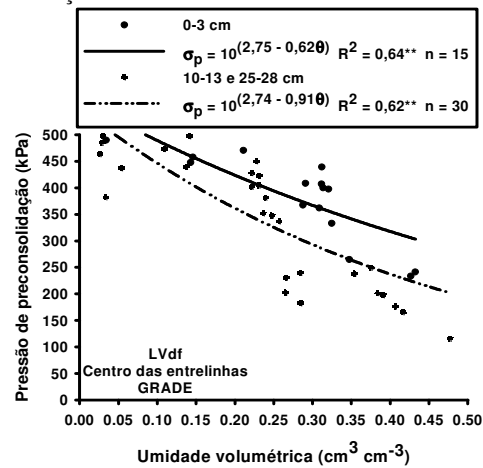


Figura 5 – Modelos de capacidade de suporte de carga em três profundidades para o Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) cultivado com café e manejado no centro das entrelinhas com a grade.

CONCLUSÕES

- 1) Os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras afetaram a densidade do solo somente na profundidade de 0–3 cm. Na profundidade de 25–28 cm tanto os valores de densidade do solo como os teores de matéria orgânica foram homogêneos na mata nativa e nos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras avaliados.
- 2) Os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras avaliados nesse estudo promoveram alterações estruturais quantificadas pelos modelos de capacidade de suporte de carga.
- 3) Os manejos de plantas invasoras realizados com a roçadora e enxada rotativa promovem a homogeneização da capacidade de suporte de carga nas três profundidades estudadas.
- 4) A grade proporcionou aumento da capacidade de suporte de cargas na profundidade de 0–3 cm em relação as profundidade de 10–13 e 25–28 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 711-721, Out./Dez. 2000.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 105–112, 1997.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7–18.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison, ASA/SSSA. 1986. pt. 1. p. 363-375.
- BOWLES, J. E. **Engineering properties of soils and their measurements**. Third edition. McGraw-Hill, 1986. 218 p.
- DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from Soil compression curves. **Soil Technology**, Lansing, v. 8, n. 2, p. 139-151, Nov. 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FARIA, J. C.; SHAEFER, C. E. R.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. Effects of weed control on physical and micropedological properties of brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 731-741, jul./set. 1998.
- KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 211-218, abr./jun. 1999a.
- 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, n. 3, p. 497-506, jul./set. 1999b.
- KURACHI, S. A. H.; SILVEIRA, G. M. da. **Compactação do solo em cafezal provocada por diferentes métodos de cultivo**. Campinas-SP, 1984. 28 p. (IAC- Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas).
- LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 6, p. 1127-1132, Nov./Dec. 1980.
- PAGLIAI, M. **Soil Structure**. Lecture Notes 27 p. College on Soil Physics, Trieste, 22 October to 09 November, 2007. International Centre for Theoretical Physics.
- SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO JUNIOR, C. F. Modelagem da Capacidade de Suporte de Carga e Quantificação dos Efeitos das Operações Mecanizadas em um Latossolo Amarelo Cultivado com Cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 207-216, jan./fev. 2006.
- YANG, Y.; WANG, H.; TANG, J. & CHEN, X. Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. **Soil & Tillage Research**, V. 93, N. 2, p. 179–185.
- ZHANG, H.; HARTGE, K. H. & RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. **Soil Science Society American of Journal**, v. 61, n. 1, p. 239–245, Jan-Feb. 1997.