

INCORPORAÇÃO DE BIOMASSA DE BRAQUIÁRIA EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO E SUA RELAÇÃO COM A DENSIDADE MÁXIMA OBTIDA NO ENSAIO PROCTOR NORMAL

Euriel Millan Romero¹, Caetano Marciano de Souza², Angelo Marcos Santos Oliveira³, Raphael Bragança Alves Fernandes⁴

RESUMO

O termo “compactação do solo” refere-se à compressão do solo não saturado que resulta em aumento da densidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação de biomassa de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em um solo Latossolo Vermelho Amarelo de Viçosa (MG, Brasil) sobre a curva de compactação do mesmo. Amostras deformadas do Latossolo Vermelho Amarelo foram coletadas na camada de 0,40-0,60 m de profundidade e, no laboratório, foram compactadas com aplicação de biomassa dentro do cilindro do aparelho de Proctor normal, em quantidades correspondentes a 1, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹ de matéria seca. A biomassa reduziu a densidade do solo máxima ($D_{s_{máx}}$) e aumentou o teor de água crítico de compactação (U_{crit}), significando que o solo torna-se mais resistente à compressão e pode ser trabalhado no preparo em uma faixa mais ampla de umidade de 32,37 para 35,18 dag kg⁻¹.

Palavras-chave: compactação do solo, física do solo, teor de água crítico de compactação, matéria orgânica.

ABSTRACT

Effect of Biomass Incorporation in a Latossolo Soil and its Relationship With the Maximum Soil Density

The term soil compaction refers to the compression of unsaturated soil resulting in its increased density. This study was done to evaluate the effect of biomass (*Brachiaria decumbens*) incorporation in a red -yellow Latossolo soil on its compaction curve. The deformed soil samples were collected from a layer of 0.40-0.60 m depth in Viçosa (MG – Brazil), and compacted in the laboratory after adding the dry biomass at rate of 1, 5, 10 and 20 Mgh⁻¹ in a standard proctor cylinder. The biomass addition reduced the maximum soil density ($D_{s_{máx}}$) and increased the critical moisture compaction level (U_{crit}) indicating that soil becomes resistant to compression and can be worked at wider range of soil moisture (32.37 to 35.18 dag kg⁻¹).

Keywords: soil compaction, soil properties, critical moisture of compaction, organic matter.

¹ Engenheiro Agrícola, M. S. em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, UFV, Professor da Universidad de Sucre-Colombia, emiromero2001@yahoo.com.mx.

² Engenheiro Agrônomo, M. S., D. S., Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, UFV, cmsouza@ufv.br.

³ Engenheiro Agrimensor, M. S. e Doutorando em Ciência Florestal, Dep. de Eng. Florestal, UFV, angelo.mso@gmail.com.

⁴ Engenheiro Agrônomo, D. S., Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFV, raphael@ufv.br.

INTRODUÇÃO

A aplicação de forças sobre o solo, quando esse se encontra em condições inadequadas de umidade, é uma das principais causas da compactação observada em muitas lavouras de preparo e que resulta em danos à produção das culturas, visto que a umidade do solo é um dos principais fatores determinantes de sua susceptibilidade à compactação. O desenvolvimento de máquinas com menor potencial para compactação e manejo de solo, com vistas a melhorar sua resistência à compactação, constituem alternativas para minorar tais problemas.

A matéria orgânica (MO) no solo, geralmente, está associado à melhoria das condições físicas e químicas do solo. No que se refere à parte física, especialmente pelos benefícios que a matéria orgânica pode trazer à estrutura do solo. O acúmulo de matéria orgânica (MO), pode ser obtido a partir do manejo adequado do solo e dos resíduos culturais.

A susceptibilidade à compactação pode ser avaliada com o ensaio de Proctor normal, que relaciona valores de densidade, obtidos com a umidade de compactação do solo, a partir da qual se calcula a umidade crítica de compactação e a densidade máxima correspondente.

A compactação devida à aplicação de cargas ou pressões pelo tráfego de máquinas provoca aumento na densidade do solo, reduzendo a porosidade e modificando a estrutura do solo (Lindemann et al., 1982).

Grande número de pesquisadores (Meredith e Patrick, 1961; Bodman e Constantin, 1965; Saini e Chow, 1984; Silva et al., 1986; Garcia et al., 1986; Peres e Diaz, 1989) verificaram, também, a influência da umidade na compactação, a uma carga constante de Proctor, em diversas classes de solo. Essas observações destacam a importância do conteúdo de água no solo para a intensificação do processo de compactação. Ressaltando este fato, Soane (1970) afirmou que, para cada tipo de solo e determinada

pressão, o nível de compactação dependeria, principalmente, do teor de água. Pode-se indicar que o conteúdo de argila e o teor de matéria orgânica são constituintes, que influem na susceptibilidade à compactação de um solo (Saini e Chow, 1984).

Peres e Diaz (1989) encontraram diferenças na susceptibilidade à compactação, devido ao efeito moderador induzido pela matéria orgânica. Também demonstraram que aqueles solos, que precisavam de menor quantidade de água para atingir o estado plástico, eram mais suscetíveis à compactação do que aqueles que requeriam mais água.

A influência da matéria orgânica na densidade máxima é demonstrada em trabalho de Soane (1971). Esse autor encontrou acréscimo na densidade do solo máxima de 1,4 para 1,61 kg dm⁻³ e decréscimo no teor de água ótimo de compactação de 26 para 22 dag kg⁻¹, com a diminuição no teor de matéria orgânica.

Os ensaios mais utilizados no estudo da compactação do solo em laboratório têm sido o ensaio de Proctor normal e o ensaio de compressão uniaxial. Em vários estudos da compactação do solo, a densidade do solo têm sido utilizada como indicador do nível de compactação (Borges et al., 1999; Díaz-Zorita, 2000; Krzic et al., 2000; Queiroz-Voltan et al., 2000). Entretanto, em outros estudos, o grau de compactação foi utilizado como indicador do nível de compactação (Corrêa et al., 1998; Miranda e Dias Junior 1998; Dias Junior e Estanislau, 1999), pois, possibilita uma normalização dos valores iniciais de densidade do solo por meio da densidade do solo máxima, obtida no ensaio de Proctor normal.

Geralmente, o estado de compactação de um solo é caracterizado pela densidade do solo. A porosidade é uma das propriedades físicas do solo, alteradas pela compactação, existindo uma relação inversa entre o grau de compactação e o espaço poroso. Stone e Guimarães (2002) observaram que o aumento na densidade do solo reduziu o tamanho dos poros para fluxo de água e a condutividade hidráulica do solo.

A presença de estrutura maciça e adensada nas camadas superficial e subsuperficial são comuns na maioria dos solos, cultivados intensivamente, com valores de densidade mais elevados, sendo que a aeração, penetração e proliferação de raízes também são prejudicadas.

Não existe consenso entre os autores sobre o nível crítico da densidade do solo, ou seja, o valor acima do qual se considera o solo como compactado. Torres e Saraiva (1993) afirmam que a densidade varia de acordo com as características do solo, sendo que em solos argilosos varia de 1,0 a 1,45 Mg m⁻³ para condições de mata e muito compactados, respectivamente e para solos arenosos apresentam densidades variáveis entre 1,25 a 1,70 Mg m⁻³, respectivamente. Camargo e Alleoni (1997) consideram como nível crítico da densidade do solo, o valor de 1,55 Mg m⁻³ em solos franco-argilosos a argilosos. De Maria et al., (1999) constataram que, em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes na densidade acima de 1,2 Mg m⁻³.

O teor de matéria orgânica (MO) é caracterizado como um dos fatores responsáveis pela manutenção das condições físicas do solo, além de influenciar a resposta dos solos à compactação (Assouline; Tavares Filho; Tessier, 1997; Dias Junior et al., 1999). Segundo Soane (1990), existem vários mecanismos pelos quais a MO influencia a capacidade dos solos em resistir às forças de compactação: (a) força de união entre partículas e entre agregados; (b) elasticidade; (c) efeito de diluição; (d) efeito de cargas elétricas; e (e) efeito na fricção. Dentre estes mecanismos, a estabilidade dos agregados é o fator determinante na susceptibilidade do solo à compactação. A susceptibilidade à compactação, pelo ensaio Proctor, torna-se menor à medida que cresce a quantidade de material orgânico existente no solo.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da incorporação de biomassa em um solo Latossolo (LVA) sobre a curva de compactação do mesmo e estudar possíveis alterações nos atributos físicos, como a

densidade do solo, introduzidas pela compactação com adição da biomassa.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram utilizadas amostras do solo de 0,40-0,60 m de profundidade, obtidas em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) de textura muito argilosa, coletadas no Município de Viçosa. Amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) do solo foram caracterizadas, física e quimicamente (Quadros 1 e 2).

A composição textural foi determinada, segundo o procedimento de rotina do Laboratório de Física do Solo da UFV, que consiste em dispersão mecânica rápida durante 15 minutos e concentração final de 0,01 mol L⁻¹ de NaOH. A fração areia foi separada e quantificada após peneiramento, sendo que as frações silte + argila, foram quantificadas por pipetagem, após a separação por sedimentação. Na sedimentação, foi considerado um valor fixo de 2,65 kg dm⁻³ para a densidade de partículas do solo. Determinou-se, também, a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (Ruiz, 2004), bem como a densidade do solo pelo método da proveta (Ruiz, 2004), com valores de 2,65 e 1,04 kg dm⁻³, respectivamente.

A caracterização química das amostras de TFSA foi referente ao horizonte B do solo.

Foram usadas quantidades de biomassa (*Brachiaria decumbes*), correspondentes a 1, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹.

Para determinar a densidade aparente máxima (DAM), em relação ao teor de água, usou-se a prova de Proctor (1933). Amostras de 3 kg de cada material de solo receberam água, até atingirem valores de teor de água próximos ao da capacidade de campo, sendo que o solo umedecido foi colocado dentro do cilindro de "Proctor" de forma a ocupar um terço do volume do corpo-de-prova. O material recebeu 25 golpes de um soquete de 2,5 kg à altura de 0,30 m. Esses golpes representam uma energia de compactação de 5,7 kgf cm/cm³.

Essas operações se repetem em três oportunidades, para completar o volume do cilindro do corpo-de-prova. Após a retirada do excesso de solo da parte superior do corpo-de-prova com uma espátula, o conjunto foi pesado, sendo calculada a densidade do solo úmido. Com os dados de teor de água da amostra, foi estimada a densidade do solo com base em massa seca para cada determinação. No material de solo, foi determinada a densidade do solo de Proctor para cinco valores de teor de água. Os valores de umidade foram relacionados à densidade da amostra, empregando-se uma equação de regressão quadrática. Com base nesta equação, pode-se calcular o teor de água associado à máxima densidade do solo. Esse teor de água é denominado “teor de água ótimo de compactação”. Por tratar-se de uma expressão estranha em uma conceituação edafológica, se assume, neste trabalho, a denominação de “teor de água crítico de compactação”, de acordo com Saini e Chow (1984).

Posteriormente, o ensaio Proctor foi realizado com aplicação de biomassa composta de folhas e caules de braquiária (*Brachiaria decumbens*), picadas em fragmentos de 1 a 2 cm de comprimento e com 0,12 kg kg⁻¹ de umidade gravimétrica, sobre o solo dentro do cilindro do aparelho de Proctor, em quantidades correspondentes a 1, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹, para determinar a densidade do solo máxima com a incorporação do material vegetal em cada aplicação.

Para as análises estatísticas dos ensaios, utilizaram-se, ajustes de equações de regressão para os valores da compactação, em função das quantidades de biomassa aplicada.

O solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) do Município de Viçosa apresenta textura muito argilosa (Quadro 1).

A caracterização química do solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) do Município de Viçosa é apresentada no Quadro 2.

Quadro 1. Teores de areia grossa, areia fina, silte e argila de um Latossolo Vermelho Amarelo

Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
m	----- dag kg ⁻¹ -----			
0,40-0,60	14	6	6	74

Quadro 2. Caracterização química do solo Latossolo Vermelho Amarelo

pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	MO
(H ₂ O)	-----mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- dag kg ⁻¹ -----	
4,61	0,5	23	-	0,00	0,03	0,77	6,9	2,99

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do ensaio normal de compactação em laboratório é representado pela curva de compactação para o solo LVA, que mostra a relação entre a densidade do solo e o teor de água sob energia constante de compactação (Figura 1). A densidade do solo atingiu valor máximo de $1,37 \text{ Mg m}^{-3}$ e o teor de água crítico de compactação um valor de $32,37 \text{ dag kg}^{-1}$, decrescendo, em seguida, com novos incrementos de água. Resultados semelhantes da influência da umidade na compactação foram encontrados por Silva (1984) e Peres e Diaz (1989).

A variação na densidade do solo foi dependente do teor de água (Figura 1). Na porção ascendente da curva, devido à ação lubrificante da água, possibilitando uma orientação e aproximação das partículas, formou-se um conjunto mais denso. Acima do teor de água crítico de compactação, a redução nos valores de densidade é atribuída ao efeito de diluição das partículas, pois, o solo encontra-se em um meio totalmente saturado, conforme observado por Peres e Diaz (1989).

A partir das curvas de compactação (Figura 2), foram obtidos o teor de água crítico de compactação e a densidade do solo máxima (Quadro 3).

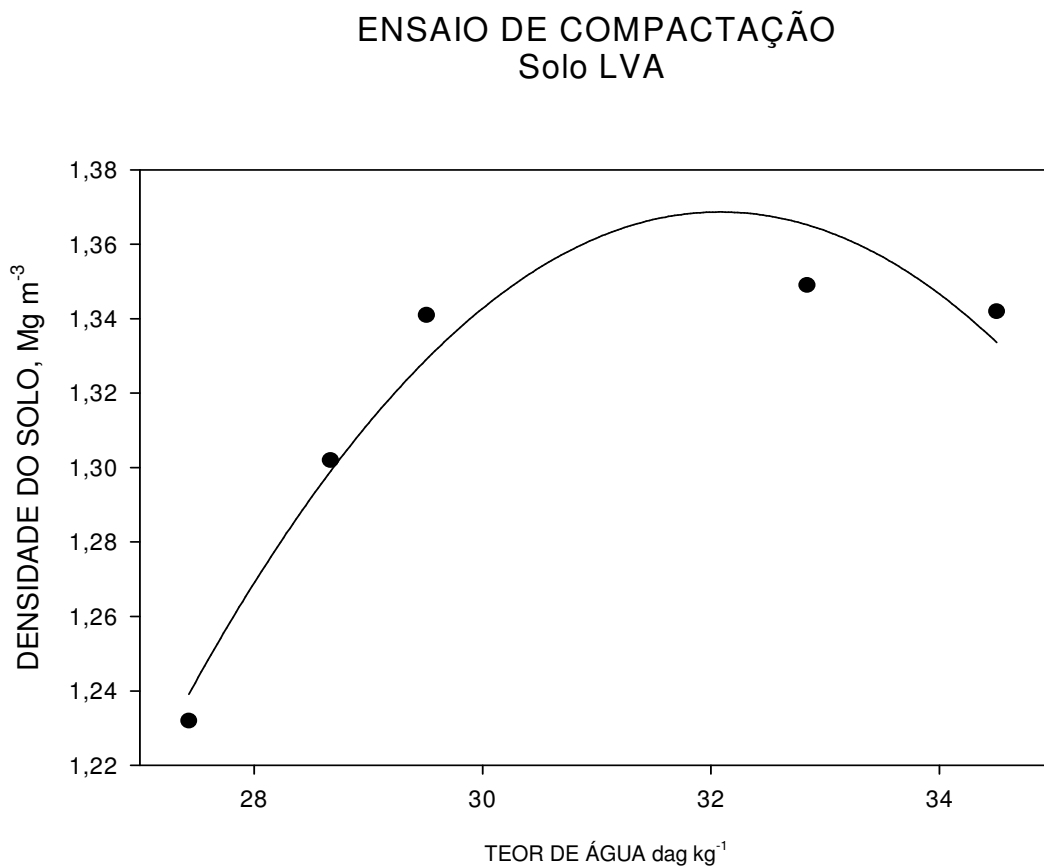


Figura 1. Curva de compactação de um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)

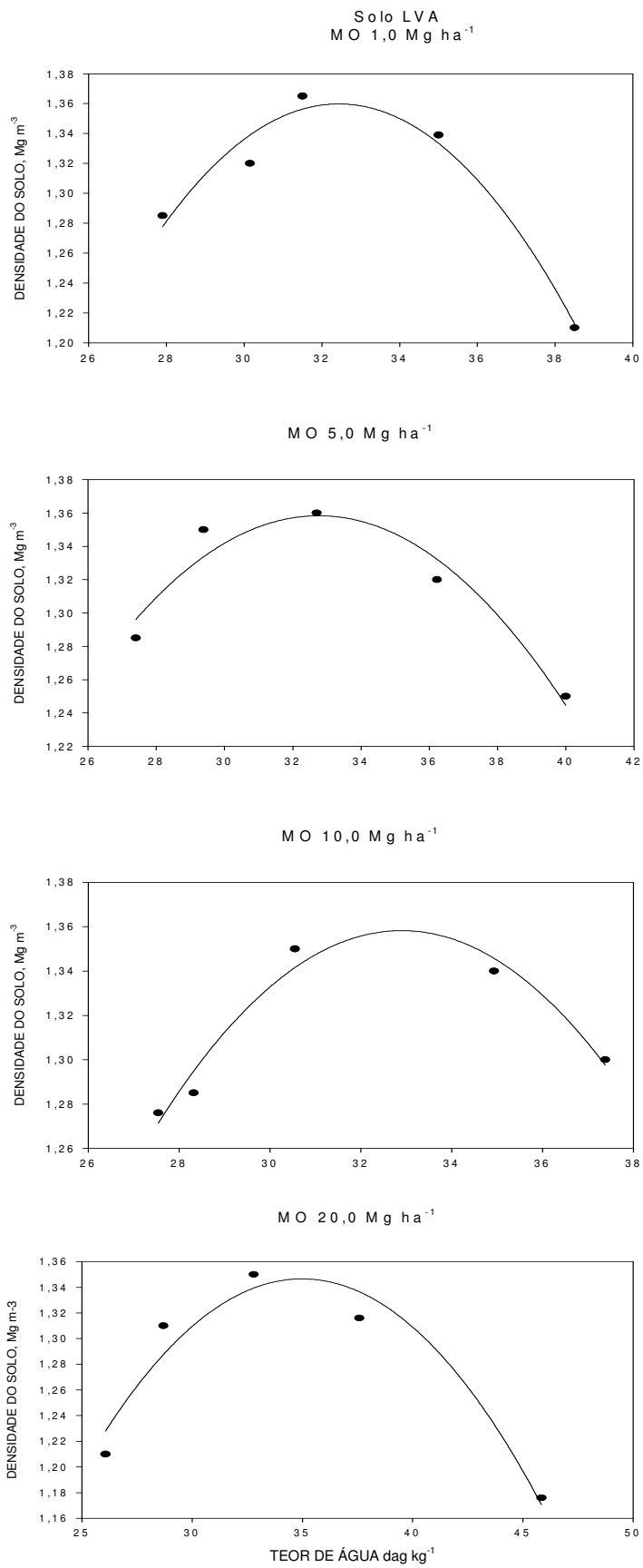


Figura 2. Curvas de compactação para diferentes quantidades de biomassa (MO)

Quadro 3. Teor de água crítico de compactação (U_{crit}) e densidade do solo máxima ($D_{Smáx}$) de um Latossolo Vermelho Amarelo, considerando as diferentes quantidades de biomassa (MO) incorporadas

MO Mg ha⁻¹	U_{crit} %	$D_{Smáx}$ Mg m⁻³
1,0	32,53	1,360
5,0	32,86	1,358
10,0	33,03	1,356
20,0	35,18	1,346

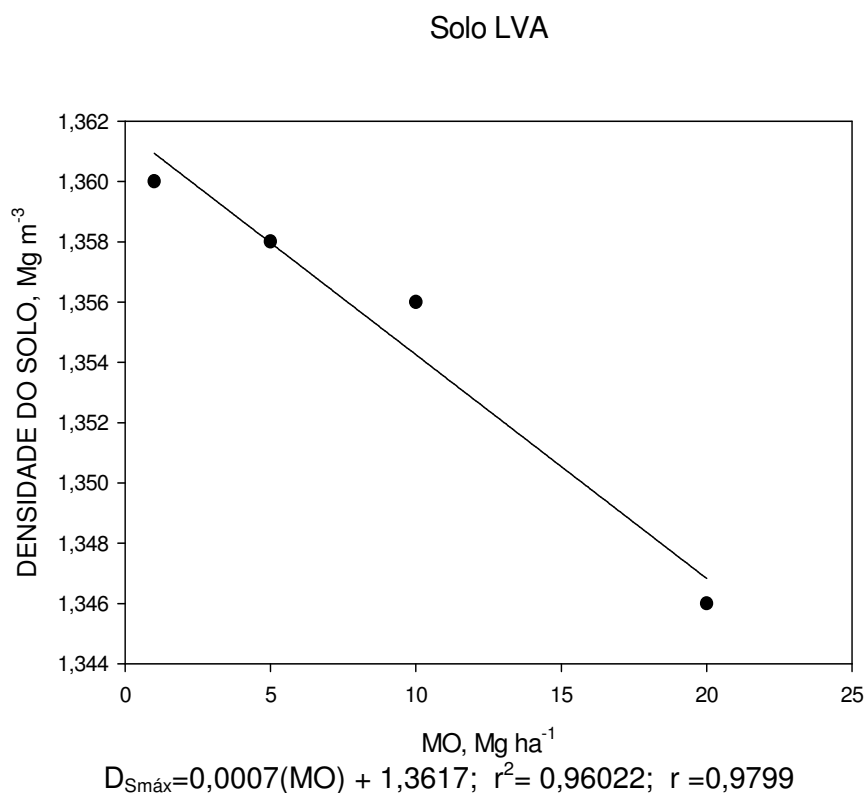
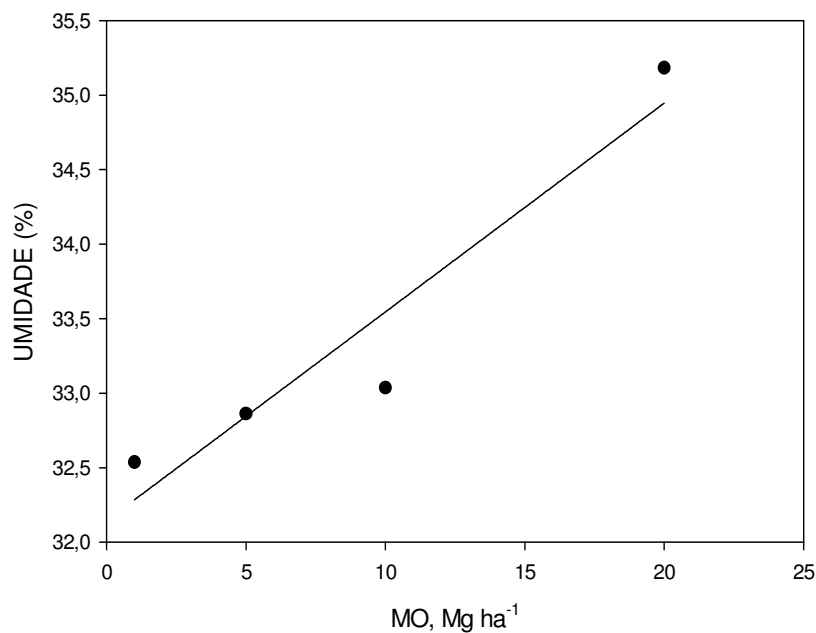


Figura 3. Densidade do solo com o ensaio de Proctor normal, considerando as diferentes quantidades de biomassa (MO)

Solo LVA



$$U_{\text{crit}} = 0,1401(\text{MO}) + 32,1438; r^2 = 0,91264; r = 0,9553$$

Figura 4. Teor de água crítico de compactação (U_{crit}), considerando as diferentes quantidades de biomassa (MO)

Com as diferentes quantidades de biomassa incorporadas ao solo de 1, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹, reduziu-se a densidade máxima obtida (Figura 2) e aumentou-se o teor de água necessária para atingi-la, fato também observado por Silva et al. (1986) e Ekwue e Stone (1997). Em quanto à relação densidade do solo vs. MO, o coeficiente de correlação apresenta significância (Figura 3), assim como a relação teor de água do solo vs. MO (Figura 4).

O efeito da matéria orgânica sobre o teor de água crítico de compactação está, diretamente, relacionado à capacidade da água em diminuir o atrito entre as partículas minerais do solo, ou à habilidade da matéria orgânica em disputar a água, existente no sistema, com as partículas minerais, o que depende das características da própria matéria orgânica e das características das partículas minerais. A matéria orgânica é responsável pelo incremento da adsorção de água.

Os valores da densidade do solo foram dependentes da quantidade de MO, pois, quanto maior a quantidade da MO presente sobre o solo,

durante a realização do ensaio Proctor, menores foram os valores de densidade de solo.

CONCLUSÃO

As diferentes quantidades de incorporação da matéria orgânica reduziram à densidade de solo máxima e o teor de água crítico para compactação do solo, aumentou, significando que ele se tornou mais resistente à compactação e pode ser trabalhado no preparo em uma faixa mais ampla de umidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOULINE, S.; TAVARES FILHO, J. & TESSIER, D. Effects of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results modeling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.390-398, 1997.

- BODMAN, G.B. & CONSTANTIN, G.K. Influence of particle size distribution in Soil compaction. **Hilgardia**, 36:567-591, 1965.
- BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.E. & BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho Escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 1663-1667, 1999.
- CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p.
- CORRÊA, J.B.D.; ANDRADE, L.A.; DIAS JUNIOR, M.S. & ALVES, V.G. Efeito da compactação na concentração foliar de nutrientes na cana-de-açúcar em três tipos de solos. In: FERTBIO 98, 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: [s.n.], 1998. p. 57.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.
- DIAS JUNIOR, M. de S. & ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 45-51, 1999.
- DÍAZ-ZORITA, M. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, p. 11-19, 2000.
- EKWUE, E.I. & STONE, R.J. Density-moisture relations of some Trinidadian soils incorporated with sewage sludge. **Transactions American Society Agricultural Engineers**, Saint Joseph, v. 40, 1997.
- GARCIA, M.C.; BENITO, E. & DIAS, F. Iniciación de estudio de la compactación de los Suelos en Galicia, An. Edafol. **Agrobiol.**, 45:1415-1430, 1986.
- KRZIC, M.; FORTIN, M.C. & BOMKE, A.A. Short-term responses of soil physical properties to corn tillageplanting systems in a humid maritime climate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 171-178, 2000.
- LINDEMANN, W.C.; HAM, G.E. & RANDALL, G.W. Soil compaction effect on Soybean nodulation, N₂(C₂H₄) fixation and seed yield. **Agron. J.**, 74:307-311, 1982.
- MEREDITH, H.L. & PATRICK JR., W.H. Effects of soil compaction on subsoil root Penetration and physical properties of three soils in Louisiana. **Agron J.**, 5:163-167, 1961.
- MIRANDA, E.E.V. & DIAS JUNIOR, M.S. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 1998, Brasília. Resumos... Brasília: [s.n.], 1998. CD-ROM.
- PERES, M. & DIAZ, V. Resistencias del suelo y susceptibilidad a la compactación en terrenos de monte sometidos a pastoreo. An. **Ed. Agrobiol.**, 42:377-386, 1989.
- PROCTOR, R.R. Fundamental principles of soil compaction, **Engen. News Rec.**, v.5, p.286-289, 1933.
- QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S. dos S.S. & MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 929-938, 2000.

RUIZ, H.A. **Métodos de análises físicas do solo**. Viçosa, UFV., 2004. 22p.

SAINI, G.R. & CHOW, T.L. Compactibility index of some agricultural soils of New Brunswick Canadá. **Soil Sci.**, 137:33-38, 1984.

SILVA, A.P. **Influência da compactação nas propriedades físicas do solo e no sistema radicular de plântulas de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.)**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 75p. (Tese de mestrado).

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **R. Brás. Ci. Solo**, 10:91-95, 1986.

SOANE, B.D. The effects of traffic and implements on soil compaction. **J. Prof. Int. Agric. Engen.**, 25:115-126, 1970.

SOANE, B.D. **Traction and transport system as related to cropping systems**. Penicuik, Scotesh Institute of Agricultural, 73p., 1971.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v.16, n.1/2, p.179-201, 1990.

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

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. & GALERANI, P.R. **Manejo do solo para cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 71 p.