



DETERMINAÇÃO DA UMIDADE CRÍTICA PARA COMPACTAÇÃO E DENSIDADE MÁXIMA A PARTIR DO CARBONO ORGÂNICO E DA TEXTURA EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Wagner Henrique Moreira¹; Edner Betioli Junior¹; Guilherme Anghinoni²; Cássio Antônio Tormena³; Jonez Fidalski⁴

RESUMO: O ensaio de Proctor avalia a susceptibilidade do solo à compactação pela determinação da relação existente entre a densidade, umidade e energia de compactação de um solo com estrutura alterada, do qual determina-se a umidade crítica para compactação (U_c) como sendo o ponto em que se obtém a máxima densidade (D_{max}). Para uma mesma energia de compactação, quanto maior o teor de carbono orgânico (CO) do solo, maior é a U_c e menor a D_{max} obtidas. O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade da obtenção de uma equação de regressão linear para estimativa da U_c e da D_{max} a partir do CO e da textura de um Latossolo Vermelho distrófico. O solo coletado para realização do ensaio de Proctor e das análises granulométrica e do CO foi obtido de um experimento de pastagem adubada e pastejo contínuo, instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), em Paranaíba, PR. Os dados permitiram o ajuste de uma equação de regressão linear para se obter o valor da U_c e da D_{max} a partir dos teores de CO do solo. Não foi possível obter uma relação estatisticamente significativa entre textura e U_c ou D_{max} . As equações obtidas para estimativa da U_c e D_{max} através do CO foram $U_c = 0,0024 CO + 0,0725$ e $D_{max} = - 0,0059 CO + 1,9032$, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Curva de compactação; Ensaio de Proctor; Regressão linear.

1 INTRODUÇÃO

A compactação do solo é um processo resultante da aplicação de cargas externas ao solo, em geral atribuída a tensões geradas pela massa das máquinas agrícolas e do pisoteio animal, com conseqüências na alteração do padrão de crescimento das raízes em função de uma série de modificações no ambiente radicular.

O ensaio de Proctor avalia a susceptibilidade do solo à compactação pela determinação da relação existente entre a densidade, umidade e energia de compactação de um solo com estrutura alterada, do qual determina-se a umidade crítica para compactação (U_c) como sendo o ponto em que se obtém a máxima densidade (D_{max})

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. Avenida Colombo, 5790. CEP 87020-900 Maringá (PR). betioli.jr@gmail.com

² Aluno de Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. g_anghinoni@hotmail.com

³ Professor associado do Departamento de Agronomia, UEM. Bolsista do CNPq. catormena@uem.br

⁴ Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, fidalski@iapar.br

(Bueno & Vilar, 1998). A U_c é dependente dos teores de argila e carbono orgânico (CO) do solo.

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito dos teores de argila e CO sobre a curva de compactação dos solos (Figueiredo, 1998; Aragón et al., 2000; Stone & Ekwue, 1993). Em síntese, para uma mesma energia de compactação, quanto maior o teor de CO do solo, maior é a U_c e menor a D_{max} obtidas.

Uma vez que a curva de compactação de um solo é caracterizada, pode-se estabelecer relações entre as variáveis U_c e D_{max} com a textura do solo e/ou o teor de CO do solo, através de regressões lineares, dispensando a necessidade da realização do ensaio de Proctor em futuras avaliações da condição física do solo.

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade da obtenção de uma equação de regressão linear para estimativa da U_c e da D_{max} a partir do CO e da textura de um Latossolo Vermelho distrófico sob pastagem adubada e pastejo contínuo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens de solo foram realizadas na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), em Paranaíba, no Noroeste do Paraná. O solo foi identificado como Latossolo Vermelho distrófico.

Para a determinação das curvas de compactação do solo conforme Nogueira (1998), aproximadamente 25 kg de solo foram coletados nas profundidades de 0-7,5 e 7,5-15 cm de cada parcela de um experimento em blocos ao acaso com duas repetições, cujos tratamentos foram: consórcio do capim coastcross (*Cynodon dactylon* Pers.) (C), e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.) cultivar Amarillo (A), sem adubação nitrogenada; consórcio de C + A com 100 kg ha⁻¹ de N anualmente; consórcio de C + A com 200 kg ha⁻¹ de N anualmente; e C com 200 kg ha⁻¹ de N anualmente. Para a caracterização física de cada tratamento foram realizadas análises granulométricas e de carbono orgânico (CO).

O material coletado foi seco ao ar, peneirado em malha 4,76 mm e posteriormente compactado em três camadas num cilindro de 1.000 cm³, utilizando um soquete com massa de 2,5 kg em 25 golpes por camada, a uma altura de queda de 30 cm, correspondendo a uma energia de 560 kPa. Para obter a curva de compactação, o solo foi compactado em diferentes teores de água, com intervalos de cerca de 0,015 kg kg⁻¹ de umidade gravimétrica. Os resultados da curva de compactação, ou seja, densidade do solo (D_s) em função do teor de água (U), foram ajustados pelo modelo polinomial de segundo grau. No ponto de máximo da função obtiveram-se a densidade do solo máxima (D_{max}) e a umidade crítica de compactação (U_c) através das expressões: $D_{max} = -b/2a$ e $U_c = -(b^2 - 4ac)/4a$, em que a , b e c são os coeficientes de ajustes das equações (Dias Junior & Miranda, 2000).

As variáveis CO, argila e areia foram relacionadas com U_c e D_{max} através de regressões lineares. Os coeficientes das regressões foram testados pelo testes F e t de Student através do software estatístico SAS Institute (2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização física de cada parcela experimental é apresentada na Tabela 1. Observa-se uma tendência da ocorrência de menores valores de densidade máxima (D_{max}) e maiores valores de umidade crítica para compactação (U_c) nas parcelas com maiores teores CO, notadamente na profundidade de 0 – 7,5 cm. Nota-se também uma ampla variação nos teores de CO, resultante do sistema de manejo de cada tratamento com diferentes doses de adubação nitrogenada e da profundidade de amostragem. Todos os coeficientes de determinação (R^2) obtidos foram superiores a 0,95.

Tabela 1. Densidade máxima do solo (Dmax), umidade crítica para compactação (Uc) e teores de argila, silte, areia e carbono orgânico (CO) das parcelas experimentais.

Parcela	Repetição	Argila, %	Silte, %	Areia, %	CO, mg dm ⁻³	Dmax, Mg m ⁻³	Uc, kg kg ⁻¹
Profundidade 0 - 7,5 cm							
1	1	15	2	83	9,88	1,856	0,096
2	1	13	1	86	10,26	1,853	0,110
3	1	13	1	86	10,64	1,849	0,104
4	1	10	1	89	9,12	1,837	0,091
1	2	12	1	87	9,50	1,824	0,093
2	2	14	2	84	12,16	1,816	0,113
3	2	13	2	85	17,10	1,827	0,129
4	2	15	2	83	13,30	1,819	0,118
Profundidade 7,5 - 15 cm							
1	1	13	2	85	6,08	1,882	0,082
2	1	14	1	85	6,08	1,868	0,087
3	1	14	1	85	6,08	1,873	0,089
4	1	11	1	82	6,08	1,843	0,089
1	2	12	1	87	6,46	1,854	0,089
2	2	15	1	84	9,12	1,840	0,091
3	2	13	1	86	9,12	1,886	0,103
4	2	15	1	84	7,22	1,844	0,091

Como demonstrado por Braidá et al. (2006), em solos arenosos, o CO exerce grande efeito na Dmax. A redução da Dmax em função do aumento de CO ocorre, pois a água presente no solo fica retida em maior quantidade pelo CO do que pelas partículas de areia, dificultando sua lubrificação e conseqüentemente reduzindo o efeito da compactação sobre a Dmax.

Dos ajustes estatísticos, observa-se que somente o CO influenciou significativamente a Dmax e a Uc (Tabela 2). Tal fato deve-se à pequena variação na composição granulométrica entre as parcelas experimentais e a ampla variação de carbono orgânico.

Tabela 2. Resumo estatístico dos coeficientes ajustados para as regressões lineares.

Modelo	Coefficiente	Estimativa	Erro padrão	T valor	P
Argila x Dmax	Intercepto	1,84578	0,05155	35,8	<,0001
	Argila	0,0001741	0,00387	0,05	0,965
Argila x Uc	Intercepto	0,07682	0,03116	2,47	0,027
	Argila	0,00163	0,00234	0,7	0,498
Areia x Dmax	Intercepto	1,72876	0,27412	6,31	<,0001
	Areia	0,0014	0,00322	0,44	0,67
Areia x Uc	Intercepto	0,1772	0,16831	1,05	0,31
	Areia	-0,0009267	0,00198	-0,47	0,647
CO x Dmax	Intercepto	1,903	0,015	128,96	<,0001
	CO	-0,006	0,002	-3,91	0,002
CO x Uc	Intercepto	0,072	0,003	24,4	<,0001
	CO	0,002	0	7,77	<,0001

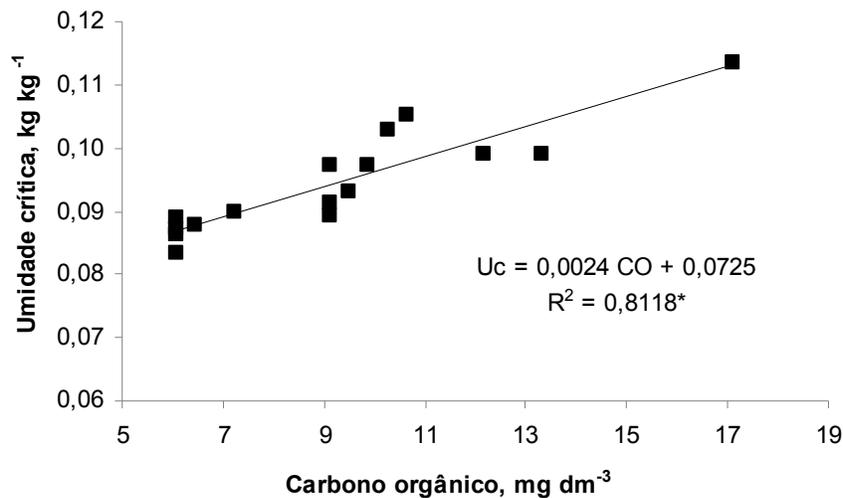


Figura 1. Variação da umidade crítica para compactação em função do carbono orgânico. (*modelo ajustado é significativo a $p < 0,001$ pelo teste F).

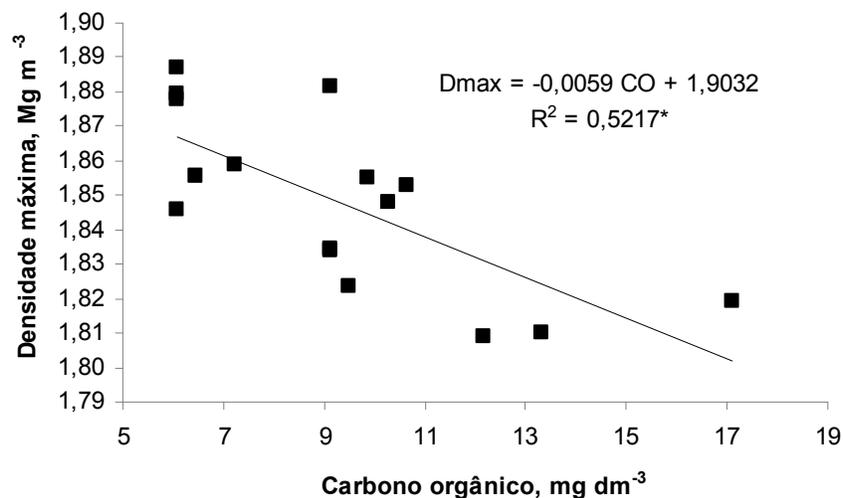


Figura 2. Variação da densidade máxima do solo em função do carbono orgânico. (*modelo ajustado é significativo a $p = 0,002$ pelo teste F).

As regressões lineares entre CO e U_c , e CO e D_{max} encontram-se nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Como as relações estabelecidas não envolveram diferentes classes de solo, as estimativas da D_{max} e da U_c através do teor de CO se restringem apenas ao Latossolo Vermelho distrófico estudado. O conhecimento dessas relações é interessante pois permite o monitoramento das variações decorrentes no sistema de manejo ao longo do tempo através de análises do CO, o que dispensa a necessidade da execução de um novo ensaio de Proctor, que é trabalhoso e envolve uma considerável quantidade de solo para a caracterização da curva de compactação e obtenção da D_{max} e da U_c .

A grande vantagem do conhecimento da D_{max} do solo é sua utilização no cálculo da densidade relativa, que tem grande aplicação na avaliação do grau de compactação do solo (Beutler et al, 2005). Neste estudo, o baixo coeficiente de determinação obtido pela relação entre CO e D_{max} não garante uma estimativa precisa da D_{max} a partir do CO, possivelmente pelo número de dados utilizados na regressão. Provavelmente um conjunto de dados maior permitiria um coeficiente de determinação mais alto e a aplicação dessa relação no monitoramento da condição física do solo seria mais precisa.

4 CONCLUSÃO

Para o Latossolo Vermelho distrófico estudado, a umidade crítica para compactação (U_c) e a densidade máxima do solo (D_{max}) puderam ser estimadas através do carbono orgânico (CO) pelas funções $U_c = 0,0024 CO + 0,0725$ e $D_{max} = - 0,0059 CO + 1,9032$, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ARAGÓN, A.; GARCIA, M. G.; FILGUEIRA, R. R. & PACHEPSKY, Y. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. **Soil Till. Res.**, v. 56, n. 3, p. 197-204, 2000.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G. & FERRAZ, M.V. Densidade relativa e ótima de latossolos vermelhos para a produtividade de soja. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p. 843-849, 2005.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30 p.605-614, 2006.

BUENO, B. S. & VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. São Carlos: USP/EESC, 1998.

DIAS JUNIOR, M.S. & MIRANDA, E.E.V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de lavras (MG). **Ciênc. agrotec.** V. 24, p. 337-346, 2000.

FIGUEIREDO, L.H.A. **Propriedades físicas e mecânicas de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 68p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

MARCOLIN, C.D. & KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Sci. Agron.** V. 33 p. 349-354, 2011.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos solos: ensaios de laboratório**. São Carlos: USP/EESC, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS: user's guide: statistics**. 9th ed. Cary, 2002, 943p.

STONE, R.J. & EKWUE, E.I. Maximum bulk density achieved during soil compaction as affected by the incorporation of three organic materials. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 36, p. 1713-1719. 1993.