

Influência do nível de energia aplicado sobre a curva de compactação de três Latossolos

José de Deus Viana da Mata^{1*}, Everton da Silva Neiro², Cássio Antonio Tormena¹, Antônio Carlos Andrade Gonçalves¹, Maria Anita Gonçalves da Silva¹, Marcos Luiz de Paula Souza³ e Alan G. Faure⁴

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Unemat, Mato Grosso, Brasil. ³Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. ⁴INRA, França. *Autor para correspondência. e-mail: jdvmata@uem.br

RESUMO. Amostras de solo deformado, obtidas na camada superficial de três Latossolos, foram compactadas, artificialmente, utilizando-se o sistema Proctor, adaptado para mini amostras, empregando-se três níveis de energia de compactação (E1, igual a $416,5 \text{ KJ m}^{-3} \pm 20,5$; E2, igual a $694 \text{ KJ m}^{-3} \pm 35$ e E3, igual a $1676 \text{ KJm}^{-3} \pm 84$). A umidade do solo variou do estado correspondente a solo seco ao ar até à saturação. A densidade do solo (Ds), como indicador de compactação, bem como a umidade do solo, comportaram-se igualmente nos três latossolos, ou seja, a Ds aumentou e a umidade do solo para atingi-la decresceu, com o emprego de maior energia de compactação. O LATOSSOLO VERMELHO Eutrofico apresentou a maior amplitude de umidade para tráfego ou mobilização. O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e o LATOSSOLO BRUNO Distrófico apresentaram o mesmo comportamento frente às três energias de compactação.

Palavras-chave: latossolo, energia, compactação, densidade, umidade.

ABSTRACT. Influence of the applied level of energy on the compaction curve of three oxisols. Samples of disturbed soil, obtained in the superficial layer of three oxisols, were artificially compacted, using the Proctor system, adapted for mini samples, being used three levels of compaction energy (E1, equal to $416,5 \text{ KJ m}^{-3} \pm 20,5$; E2, equal to $694 \text{ KJ m}^{-3} \pm 35$ and E3, equal to $1676 \text{ KJm}^{-3} \pm 84$). The soil moisture varied of the state corresponding to air dried soil to the saturation. The soil bulk density (Ds), as compaction indicator, as well as the soil moisture, behaved equally in the three oxisols. Ds increased and the soil moisture decreased so as to reach it, with the use of greater compaction energy. The Eutrothox presented the greatest humidity range for traffic or mobilization. The Haplorthox and the Acrohumox, presented the same behavior front the three compaction energies before towards.

Key words: oxisol, energy, compaction, bulk density, moisture.

Introdução

A mecanização intensiva do solo e as operações de tráfego e revolvimento, realizadas em condições inadequadas de umidade continuam sendo apontadas como causas da compactação do solo. Várias adaptações têm sido desenvolvidas nos conjuntos motomecanizados com o intuito de minimizar o problema. Porém, tais medidas, se não contemplarem as peculiaridades de cada solo frente à compactação, podem comprometer ainda mais o processo.

É tarefa difícil mensurar as energias ou cargas que são aplicadas no solo pelos veículos agrícolas, assim como detectar sua zona de influência, em função das inúmeras variáveis que interagem no

processo. No estudo da compactação do solo, vários ensaios de laboratório têm sido usados. Um deles é aquele no qual se utiliza o sistema Proctor normal (Dias Júnior e Pierce, 1996). Neste trabalho foi utilizado o sistema Proctor adaptado para mini amostras de solo que, segundo Nogami (1972), distribui mais uniformemente as energias dinâmicas aplicadas ao corpo de prova.

A compactação mecânica dos solos agrícolas ainda é tema bastante polêmico na ciência do solo. O pH, a CTC, a quantidade, o tipo e o diâmetro das partículas de argila, a matéria orgânica, óxidos de ferro e hidróxidos livres de alumínio, textura e tenacidade da água no solo influenciam o comportamento do solo quanto à compactação (Assouline *et al.*, 1997). O tráfego de conjuntos

motomecanizados, com todas as suas interações, ou seja, peso, distribuição do peso entre eixos, a pressão do ar nos pneus; são os principais responsáveis pela imposição de compactação ao solo. Por outro lado, pairam dúvidas sobre o maior rendimento operacional dos conjuntos motomecanizados não compensaria o maior peso dos tratores que define esta característica, já que, teoricamente, trabalhariam maior quantidade de área dentro da faixa de umidade mais adequada às operações motomecanizadas. Dessa forma, este trabalho objetiva mostrar qual é o intervalo de umidade mais adequado para se trafegar ou mobilizar cada solo, porém, com diferentes cargas aplicadas, simulando o peso dos tratores, e quanto estas cargas alterariam a densidade do solo, propriedade física utilizada neste trabalho, como indicador de compactação.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida com amostras deformadas de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVdf), coletadas em Mandaguari, região norte do Estado do Paraná, de um LATOSSOLO BRUNO Distrófico (LBd), coletadas em Salgado Filho, região Sudoeste do Estado do Paraná e de um LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe), coletadas em Ponta Grossa, 2º planalto paranaense. A granulometria apresentou os seguintes valores para o LVdf, 690 g . kg⁻¹ de argila, 240 g . kg⁻¹ de silte e 70 g . kg⁻¹ de areia, carbono orgânico, 25,2 g . kg⁻¹ e mineralogia da fração orgânica, 500 g . kg⁻¹ de caulinita. Para o LBd, 610 g . kg⁻¹ de argila, 320 g . kg⁻¹ de silte e 70 g . kg⁻¹ de areia; carbono orgânico, 35,8 g . kg⁻¹ e mineralogia da fração orgânica, 700 g . kg⁻¹ de caulinita. Para o LVe, 440 g . kg⁻¹ de argila, 360 g . kg⁻¹ de silte e 200 g . kg⁻¹ de areia, carbono orgânico, 44,5 g . kg⁻¹ e mineralogia da fração orgânica, 500 g . kg⁻¹ de gibbsita.

O LVdf vem sendo cultivado há mais de 25 anos com soja e trigo, e o LBd, pelo mesmo tempo, porém, com milho e trigo. O LVe é cultivado com aveia no inverno e milho no verão. Quando da coleta das amostras, o sistema de preparo de solo adotado era o convencional.

Com o auxílio de um pulverizador manual, adicionou-se, gradativamente, uma massa de água previamente medida em amostras de 1 kg de solo, variando o intervalo de umidade de 2 em 2%, conforme recomendação de Nogami (1972). Para a obtenção das curvas de compactação, foram obtidos, em média, 42 pontos experimentais, com variação de umidade entre 1,1 a 42%.

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em invólucros plásticos hermeticamente fechados,

identificados e levados à câmara úmida, para auxiliar na manutenção das umidades pré-estabelecidas, onde permaneceram em repouso por 72 horas.

Posteriormente, as amostras foram compactadas utilizando o sistema Proctor, adaptado para mini-amostras de solo. Este aparelho é uma modificação do Proctor normal utilizado para compactação do diâmetro de corpos de prova, de tamanho reduzido em laboratório. O equipamento permite obter corpos de prova de 5,0 cm de diâmetro utilizando soquetes de 2,25 kg e 4,54 kg de peso. Este equipamento é provido de um dispositivo (extensômetro) que permite determinar a altura do corpo de prova, com precisão de 0,05 mm, através da medida da posição da haste do soquete.

Após a aferição do aparelho compactador, as amostras de solo com umidade conhecida foram pesadas e depositadas no cilindro ou molde de compactação e submetidas aos três níveis de energia determinados. Foi fixado um intervalo de tolerância para a altura do corpo de prova no nível de 5%, permitindo assim uma variação de 4,75 cm a 5,25 cm para esta altura e consequentemente, 38 mm a 42 mm para a leitura do extensômetro. Sempre que um ponto de umidade registrasse leituras dentro deste intervalo, era considerado válido. Caso contrário, a massa da amostra era corrigida e repetia-se aquele ponto de umidade.

Foram utilizadas três energias de compactação. O nível de energia E1, igual a 416,5 KJ m⁻³ ± 20,5, onde E/E₀=6, o nível de energia E2, igual a 694 KJ m⁻³ ± 35, onde E/E₀=10 e o nível de energia E3, igual a 1676 KJm⁻³ ± 84, onde E/E₀=12. A relação E/E₀ diz respeito ao número de golpes do soquete para cada energia multiplicado pela massa relativa do soquete. Todos os ensaios foram conduzidos com três repetições. De acordo com a metodologia apresentada, a energia aplicada pode variar com o volume do corpo de prova ensaiado. Como foram utilizados 70 cilindros que não necessariamente possuem a mesma área da base e, levando em consideração os 5% do intervalo de tolerância admitida para a altura do corpo de prova, logicamente a energia aplicada variou para cada valor de umidade adotado nos ensaios. A adoção de um desvio padrão para cada um dos níveis de energia aplicados contornou o problema. Foram determinados o ponto de sensibilidade à compactação (U_s), definido como sendo o conteúdo de água onde a densidade seca do solo aumenta até atingir a densidade seca máxima; ponto de umidade crítica do solo para a compactação (U_c), definido como a umidade do solo em que a densidade seca do solo é máxima; densidade do solo no ponto de

sensibilidade à compactação (D_s); densidade máxima do solo (D_m); ponto de sensibilidade à compactação da argila (valor α), definido como a umidade a partir da qual a densidade aumenta até atingir a densidade máxima e o ponto de sensibilidade à compactação da argila sem a interferência do carbono orgânico (valor α_0).

Resultados e discussão

A Tabela 1 e as Figuras 1 a 3 mostram que os três solos se comportaram igualmente frente ao incremento do nível de energia aplicado, ou seja, os valores da umidade para o ponto de sensibilidade à compactação (U_s) e umidade crítica para a compactação (U_c) decresceram e os valores da densidade do solo (D_s) no ponto de sensibilidade à compactação (U_s) e a densidade máxima (D_m) no ponto de umidade crítica aumentaram. Conseqüentemente, a amplitude de trafegabilidade e trabalhabilidade dos solos diminuiu, proporcionalmente aos incrementos de energia.

Tabela 1. Síntese dos resultados analíticos do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVdf), LATOSSOLO BRUNO Distrófico (LBd) e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe)

energias	solos	U_s	D_s	U_o	D_m	α	caulinita	hematita
		kg . kg ⁻¹	Mg m ⁻³	kg . kg ⁻¹	Mg m ⁻³	kg . kg ⁻¹	g . kg ⁻¹	g . kg ⁻¹
E1	LVdf	0,23	1,291	0,35	1,515	0,33	500	50
	LBd	0,23	1,302	0,31	1,451	0,38	700	80
	LVe	0,24	1,193	0,34	1,307	0,57	300	500
E2	LVdf	0,21	1,334	0,35	1,527	0,30	500	50
	LBd	0,20	1,373	0,31	1,489	0,34	700	80
	LVe	0,21	1,242	0,34	1,353	0,40	300	500
E3	LVdf	0,20	1,462	0,29	1,621	0,30	500	50
	LBd	0,15	1,514	0,29	1,573	0,29	700	80
	LVe	0,15	1,342	0,32	1,472	0,40	300	500

As Figuras 4 a 6 mostram que o LVe com 440 g . kg⁻¹ de argila, apresentou os menores valores de densidade do solo em todos os conteúdos de umidade, comparativamente aos outros dois solos. De acordo com Ferreira *et al.* (1999), os latossolos gibbéticos podem desenvolver macroestrutura do tipo granular e, em conseqüência, determinar menor densidade do solo, maior proporção de macroporos e maior permeabilidade. O valor de α igual a 0,57 kg . kg⁻¹ confirma a menor suscetibilidade à compactação desta classe de solo, principalmente frente aos baixos valores de energia de compactação. O LVdf e o LBd tiveram o mesmo comportamento mediante a aplicação dos três níveis de energia, independentemente da diferença de 10 g . kg⁻¹ de carbono orgânico existente entre eles. O LVdf apresenta 50% de caulinita e o LBd 70%. Da mesma forma, Ferreira *et al.* (1999) demonstraram que os Latossolos caulínicos desenvolvem uma

macroestrutura do tipo em blocos, com maior densidade do solo, maior proporção de poros pequenos e menor permeabilidade.

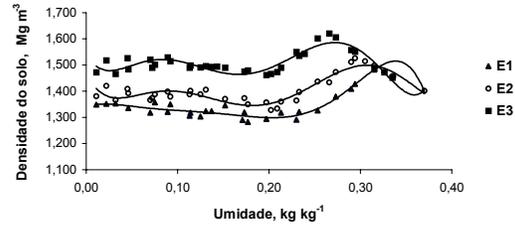


Figura 1. Curvas de compactação do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, com três níveis de energia (E1, E2 e E3)

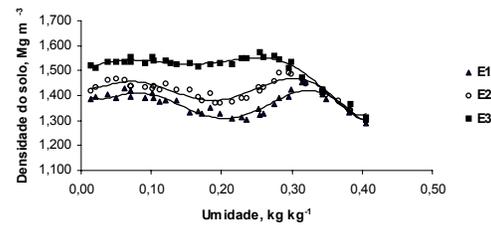


Figura 2. Curvas de compactação do LATOSSOLO BRUNO Distrófico, com três níveis de energia (E1, E2 e E3)

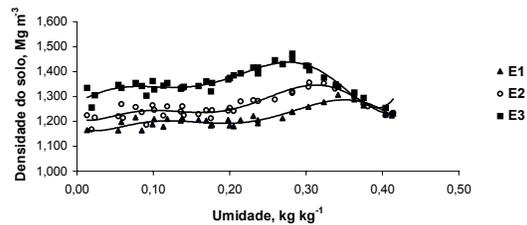


Figura 3. Curvas de compactação do LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, com três níveis de Energia (E1, E2 e E3)

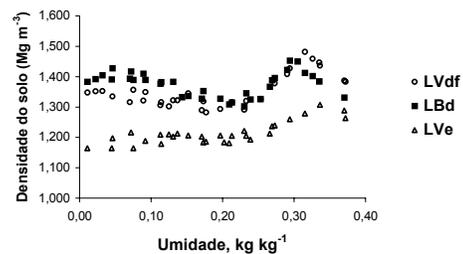


Figura 4. Curvas de compactação do LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVdf), LATOSSOLO BRUNO Distrófico (LBd) e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe), com aplicação da energia E1 (416KJ m⁻³)

Da Tabela 1, depreende-se que, com a energia intermediária (E2), o LVdf e o LBd apresentam o mesmo valor de umidade crítica para a compactação, apresentando, porém, valores de D_m diferentes. No tocante à umidade do solo, este resultado está de acordo com aqueles encontrados por Figueiredo *et al.* (2000), que concluíram que as operações motomecanizadas, em LVdf, devem ser realizadas quando a umidade do solo for inferior a $0,29 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. A Tabela 1 mostra que o LVe só alcança ou a D_m com uma umidade crítica de $0,32 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Ou seja, este solo pode ser trabalhado com umidades inferiores a $0,32 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, sem correr o risco de causar compactação. Ressalte-se, também, que o valor da D_m que o LVe alcança é menor em comparação com os outros dois solos.

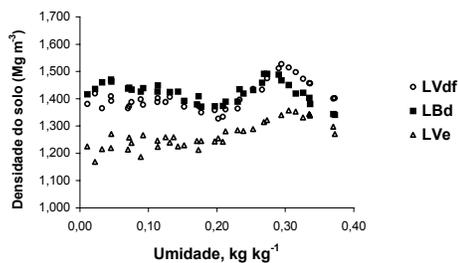


Figura 5. Curvas de compactação do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVdf), LATOSSOLO BRUNO Distrófico (LBd) e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe), com aplicação da energia E2 (694 KJ m^{-3})

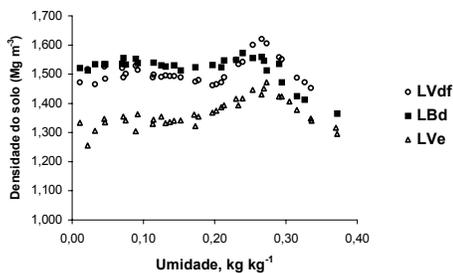


Figura 6. Curvas de compactação do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVdf), LATOSSOLO BRUNO Distrófico (LBd) e LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe) com aplicação da energia E3 (1676 KJ m^{-3})

Considerando a densidade do solo (D_s) tanto em (U_s) como em (U_o) e o ponto de umidade crítica para compactação (U_o), o LVe foi o solo que apresentou a maior amplitude de umidade para tráfego ou mobilização, nos três níveis de energia utilizados.

Igualmente, o LVdf e o LBd apresentaram o mesmo comportamento frente aos três níveis de energia de compactação, independentemente da textura, mineralogia e teor de carbono orgânico.

Considerando a melhor distribuição de peso entre eixos, o menor índice de patinação e o maior rendimento operacional dos tratores traçados, infere-se que estes podem preparar maior quantidade de área dentro da melhor faixa de umidade.

Referências

- ASSOULINE, S. *et al.* Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.61, p. 390-398, 1997.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.20, n.2, p.175-182, 1996.
- FIGUEIREDO, L.H.A. *et al.* Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.24, n.3, p.487-493, 2000.
- FERREIRA, M.M. *et al.* Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.23, n.3, p.507-514, 1999.
- NOGAMI, J.H. *Determinação do índice suporte Califórnia em equipamento de dimensões reduzidas.* Reunião das organizações rodoviárias. Brasília: DNER, 1972.

Received on August 06, 2001.

Accepted on July 16, 2002.