



ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO SOB CULTIVO DE SOJA EM TRÊS SISTEMAS SUCESSIONAIS ⁽¹⁾.

Amaral Machaculeha Chibeba ⁽²⁾; Jean Carlos Oliveira ⁽²⁾; Maria de Fátima Guimarães ⁽³⁾; Alex Figueiredo ⁽²⁾; Mariangela Hungria ⁽⁴⁾; João Tavares Filho ⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto N2Africa. ⁽²⁾ Estudantes de Pós-Graduação; Universidade Estadual de Londrina; Londrina, Paraná, Brasil; Emails: amaral_chibeba@yahoo.com; jeancarlo_agro@hotmail.com; alexkdn@hotmail.com; ⁽³⁾ Professores associados; Universidade Estadual de Londrina; Londrina, Paraná; emails: mfatima@uel.br; tavares@uel.br; ⁽⁴⁾ Pesquisadora; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Londrina, Paraná. Email: mariangela.hungria@embrapa.br;

RESUMO: Os atributos físicos do solo constituem uma valiosa ferramenta para o monitoramento das mudanças na qualidade do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das sucessões de soja com nabo (S_1), pousio (S_2) e *Brachiaria* (S_3) na melhoria da qualidade do solo de uma área degradada. Uma área de mata nativa, localizada a 500 m, foi utilizada como referência. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições. As variáveis avaliadas foram estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade do solo e resistência à penetração. Não foram detectadas diferenças significativas entre as sucessões para nenhuma das variáveis estudadas. As três sucessões tiveram o mesmo nível de compactação do solo evidenciado pelos valores similares de macroporosidade (macroporosidade mínima: $0,027 \pm 0,006$, $0,040 \pm 0,013$ e $0,039 \pm 0,005 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, para S_1 , S_2 , e S_3 , respectivamente) e resistência à penetração (RP máxima: $7,8 \pm 1,2$, $6,9 \pm 0,7$ e $7,1 \pm 1,1 \text{ MPa}$, para S_1 , S_2 e S_3 , respectivamente).

Termos de indexação: resistência à penetração, plantio direto, qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

A escolha dos atributos físicos para avaliar a qualidade do solo recai sobre aqueles que medem a sua capacidade de fornecer adequada aeração, quantidade de água para o crescimento e expansão do sistema radicular, e os que medem a magnitude com a qual a matriz do solo resiste à deformação. Na avaliação da qualidade do solo um só atributo não fornece resultados conclusivos, sendo por isso recomendável o emprego de pelo menos dois (Portugal, al., 2010).

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito das sucessões de nabo, pousio e *Brachiaria* na melhoria da qualidade do solo de uma área degradada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil, $23^\circ 20' 23''$ latitude S e $51^\circ 12' 32''$ longitude W. O tipo de clima da região, pela classificação de Köpen-Geiger, é Cfa e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013).

A área estava degradada após cultivo por mais de 10 anos sucessivos no sistema convencional. Em 2009, foi estabelecido um ensaio de longa duração, sem revolvimento do solo e em parcelas fixas de 8 x 20 m, para avaliação de três sistemas sucessionais consistindo do cultivo de soja no verão, sucedida por nabo (S_1), pousio (S_2) ou *Brachiaria* (S_3) no inverno.

A primeira avaliação do ensaio foi realizada em Julho de 2013. Os tratamentos foram S_1 , S_2 e S_3 , tendo uma área de mata nativa (MN), localizada a 500 m, sido utilizada como referência. Uma trincheira com dimensões de 0,50 m x 0,50 m foi aberta em cada parcela e foram coletadas três amostras de solo, uma deformada e duas indeformadas, em quatro profundidades, 0–0,05, 0,05–0,10, 0,10–0,20 e 0,20–0,40 m. As amostras deformadas foram utilizadas para determinação das frações granulométricas. As amostras indeformadas, em forma de torrão, foram utilizadas para determinar a estabilidade dos agregados (EA), e as amostras indeformadas obtidas pelo método do cilindro foram usadas para determinar a porosidade e densidade do solo (Ds).

A granulometria, porosidade e Ds foram determinadas conforme Embrapa (2011). As frações granulométricas do solo na camada 0–0,40 m foram 693, 160 e 147 g kg^{-1} de argila, silte e areia, respectivamente. A porosidade e Ds foram determinadas pelo método da mesa de tensão. Aneis volumétricos de 0,053 m de altura e 0,048 m de diâmetro foram saturados por 24 h em bandejas plásticas com água destilada, até dois terços da altura do anel, e em seguida drenados na tensão de 0,006 Mpa e depois secas em estufa a 105°C durante 24 h. Com base nos resultados obtidos



calculou-se o volume de macroporos (Ma), microporos (Mi), porosidade total (VTP) e Ds.

A determinação da EA consistiu no pré-umedecimento de 50 g de solo, em triplicata, por capilaridade, durante 10 min, e agitação vertical (42 ciclos por min) durante 15 min. O diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) foram calculados de acordo com Coutinho et al. (2010).

A resistência à penetração (RP) foi calculada na profundidade de 0–0,60 m com base em quatro amostragens por parcela usando um penetrômetro de impacto, modelo IAA/PLANALSUCAR STOLF (Stolf et al., 1983). Em simultâneo com as amostragens da RP foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica (Ug), calculada como a diferença percentual entre a massa do solo úmido e seco em estufa a 105 °C durante 48 h.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software Statistica, versão 10 (Statsoft, 2011). Onde foram detectadas diferenças entre os tratamentos foi usado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das sucessões, e o teste de Dunnett para comparações entre as sucessões e a MN. Todas as análises foram precedidas pela verificação da homocedasticidade e normalidade das variâncias dos erros (Barbin, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da estabilidade dos agregados não revelou diferenças significativas entre a MN e as sucessões de soja, que apenas foram diferentes na camada superficial (Tabela 1). A sucessão S_3 teve os maiores valores de DMG e DMP na camada 0–0,05 m, o que sugere superioridade da *Brachiaria* na agregação do solo. Coutinho et al. (2010), trabalhando num Latossolo Vermelho, também observaram maior agregação do solo no tratamento com *Brachiaria*, atribuindo ao seu sistema radicular fasciculado que proporciona maior agregação das partículas e fornece carbono através da rizodeposição e morte de suas raízes.

Em relação à porosidade, as sucessões apresentaram maiores valores de Mi, e menores valores de Ma e VTP do que a MN ($p < 0,05$), mas não foram diferentes entre si. Resultados similares têm sido reportados por outros autores e acredita-se que os solos sob cultivo têm menores valores de Ma e VTP em virtude do tráfego de máquinas (Llanillo et al., 2006; Reichert et al., 2007). A pressão das máquinas destrói os agregados, facilitando a aproximação das partículas, o que

ocasiona a redução dos poros maiores e o aumento dos poros menores (Silva et al., 2008).

As três sucessões tiveram valores de Ma inferiores a $0,100 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, considerado o mínimo necessário para o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Tavares Filho et al., 2010). Em contraste, a MN teve valores superiores a $0,200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ao longo do perfil.

A respeito da Mi, sabe-se que o seu aumento pode indicar compactação do solo, quando associado com a redução da Ma (Fonseca et al., 2007), o que se constatou neste estudo. Efetivamente, os aumentos nos volumes de Mi e as reduções nos volumes de Ma das sucessões foram de até 29 e 88%, em relação à MN.

Os valores médios de Ds das três sucessões foram maiores que os da MN ($p < 0,05$), em todas as camadas, mas as sucessões não diferiram entre si. Os maiores valores de Ds nos solos cultivados em comparação com a vegetação natural podem ser explicados pela pressão das máquinas sobre o solo durante o manejo e tratamentos culturais das culturas agrícolas (Llanillo et al., 2006; Reichert et al., 2007). Outrossim, nos solos cultivados ocorrem ciclos mais intensos de umedecimento e secagem que provocam microrrachaduras e rearranjo das partículas, com aumento da Ds (Portugal et al., 2010).

Os valores máximos de RP das sucessões foram de $7,8 \pm 1,2$, $6,9 \pm 0,7$ e $7,1 \pm 1,1$ MPa, para S_1 , S_2 e S_3 , e ocorreram na camada de 0,10–0,15 m (Figura 1a). Por outro lado, o valor máximo de RP da MN foi de $3,7 \pm 0,5$ MPa e identificou a camada 0,45–0,50 m como a mais compacta.

A camada mais compacta nas sucessões foi registrada dentro do intervalo de 0,05–0,15 m, considerado base do sulco da semeadora do plantio direto (Suzuki et al., 2008), sugerindo que até o momento, os efeitos das sucessões na redução da compactação do solo ainda não são perceptíveis.

Relativamente à Ug, não houve diferenças significativas entre as sucessões, embora a S_3 tenha apresentado maiores valores ao longo do perfil (Fig. 1b). A MN apresentou maior Ug ($p < 0,05$) do que as sucessões na camada 0–0,25 m. Esta diferença pode estar associada à densa e permanente cobertura do solo proporcionada pela vegetação natural, que causa uma espécie de obstáculo ao processo evaporativo em períodos de estresse hídrico (Lanzanova et al., 2010).



Tabela 1 – Estabilidade dos agregados, porosidade e densidade do solo de três sucessões de soja e mata nativa num Latossolo Vermelho distrófico em Londrina – PR.

Camada (m)	Sistema de sucessão			Referência MN
	S ₁	S ₂	S ₃	
		DMG (mm)		
0,00–0,05	0,98 ± 0,43c	1,36 ± 0,26bc	1,62 ± 0,35ab	1,44 ± 0,45
0,05–0,10	1,73 ± 0,92a	1,15 ± 0,39a	1,50 ± 0,37a	1,52 ± 0,51
0,10–0,20	1,83 ± 0,90a	1,22 ± 0,39a	1,35 ± 0,24a	1,64 ± 0,64
0,20–0,40	1,38 ± 0,77a	1,31 ± 0,29a	1,46 ± 0,46a	0,99 ± 0,39
		DMP (mm)		
0,00–0,05	1,71 ± 0,54 ^{NS}	2,21 ± 0,35	2,43 ± 0,41	2,20 ± 0,45
0,05–0,10	2,48 ± 0,81	1,92 ± 0,54	2,27 ± 0,39	2,33 ± 0,51
0,10–0,20	2,55 ± 0,83	1,97 ± 0,51	2,17 ± 0,31	2,40 ± 0,64
0,20–0,40	2,08 ± 0,67	2,07 ± 0,33	2,20 ± 0,56	1,75 ± 0,39
		Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
0,00–0,05	0,509 ± 0,041 ^{NS*}	0,534 ± 0,025*	0,537 ± 0,021*	0,422 ± 0,071
0,05–0,10	0,563 ± 0,075*	0,535 ± 0,095	0,508 ± 0,043	0,435 ± 0,027
0,10–0,20	0,499 ± 0,042*	0,512 ± 0,037*	0,527 ± 0,021*	0,419 ± 0,062
0,20–0,40	0,530 ± 0,031*	0,519 ± 0,040*	0,538 ± 0,029*	0,441 ± 0,052
		Macroporosidade (m ³ m ⁻³)		
0,00–0,05	0,061 ± 0,019 ^{NS*}	0,055 ± 0,017*	0,073 ± 0,021*	0,262 ± 0,080
0,05–0,10	0,069 ± 0,020*	0,040 ± 0,013*	0,045 ± 0,014*	0,265 ± 0,055
0,10–0,20	0,027 ± 0,006*	0,044 ± 0,014*	0,039 ± 0,005*	0,234 ± 0,070
0,20–0,40	0,032 ± 0,015*	0,051 ± 0,015*	0,048 ± 0,014*	0,245 ± 0,080
		Porosidade total (m ³ m ⁻³)		
0,00–0,05	0,569 ± 0,046 ^{NS*}	0,589 ± 0,044*	0,610 ± 0,064	0,684 ± 0,052
0,05–0,10	0,632 ± 0,075	0,575 ± 0,093*	0,553 ± 0,034*	0,701 ± 0,048
0,10–0,20	0,526 ± 0,046*	0,556 ± 0,052*	0,566 ± 0,022*	0,653 ± 0,038
0,20–0,40	0,562 ± 0,029*	0,570 ± 0,064*	0,586 ± 0,015*	0,686 ± 0,063
		Densidade do solo (Mg m ⁻³)		
0,00–0,05	1,22 ± 0,09 ^{NS*}	1,19 ± 0,07*	1,25 ± 0,07*	0,93 ± 0,16
0,05–0,10	1,18 ± 0,08*	1,26 ± 0,07*	1,30 ± 0,07*	0,95 ± 0,12
0,10–0,20	1,29 ± 0,11*	1,31 ± 0,11*	1,33 ± 0,09*	1,05 ± 0,18
0,20–0,40	1,30 ± 0,05*	1,23 ± 0,10*	1,28 ± 0,08*	1,06 ± 0,11

S₁: Sucessão soja – nabo; S₂: Sucessão soja – pousio; S₃: Sucessão soja – *Brachiaria*; MN: mata nativa; DMG: Diâmetro médio geométrico; DMP: Diâmetro médio ponderado; ^{NS} – diferenças não significativas entre as sucessões nas camadas avaliadas pelo teste de Tukey (p < 0,05); Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05) e as médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da MN, pelo teste de Dunnett (p < 0,05). Valores médios ± desvios padrões (n = 5).

CONCLUSÕES

As áreas com sucessões de nabo, pousio e *Brachiaria* não apresentaram diferenças significativas em relação às variáveis diâmetro médio ponderado, microporosidade, macroporosidade, volume total de poros, densidade do solo, e resistência à penetração.

As três sucessões tiveram o mesmo nível de compactação do solo, evidenciado por valores semelhantes de macroporosidade e resistência à penetração.

AGRADECIMENTOS

Amaral M. Chibeba agradece à Wageningen University pela concessão da Bolsa de Estudos para Doutorado no Brasil, pelo Projeto N2Africa.

REFERÊNCIAS

- BARBIN, D. Planejamento e análise estatística de experimentos agrônomicos. Arapongas-PR: Editora Midas Ltda, 2003. 194p.
- COUTINHO, F.S.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; RODRIGUES JR., D.J. & TORRES, J.L.R. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. Com. Scien., 1: 100-105, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. 356p.

FONSECA, G.C.; CARNEIRO, M.A.C.; DA COSTA, A.R.; DE OLIVEIRA, G.C. & BALBINO, L.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. *Pesq. Agropec. Trop.*, 37(1) 22-30, 2007.

LANZANOVA, M.E.; ELTZ, F.L.F.; NICOLOSO R.S., AMADO, T.J.C; REINERT, D.J. & DA ROCHA, M.R. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 34: 1333-1342, 2010.

LLANILLO, R.F; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F. & FERREIRA, R.M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina*, 27(2): 205-220, 2006.

PORTUGAL, A.F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C E.; R.G.S. & NEVES, J.C.L. Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. *Rev. Ceres*. 57(4): 545-553, 2010.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & DALVAN, J.R. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, feitos, limites críticos e mitigação. *Tópicos Ci. Solo*, 5:49-134, 2007.

SILVA, F.F.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ARATANI, G.A.; ANDRIOLI, F.F. & ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. *Irriga, Botucatu*, 13(2): 191-204, 2008.

STATSOFT, I. STATISTICA for Windows (data analysis software), Version 10.0. 2011. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/>>. Acesso em 23 de Março de 2015.

STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR/STOLF; STAB - Açúc. *Alcool Subprod.*, 3:18-23, 1983.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & HORN, R. Propriedades físicas de solos do sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 2603-2612, 2008.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & DE LIMA, C.L.R. Estimativa da susceptibilidade a compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 963-973, 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C. & RIBON, A.A. Physical Properties of dystrophic Red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. *R. Bras. Ci. Solo*. 34: 925-933, 2010.

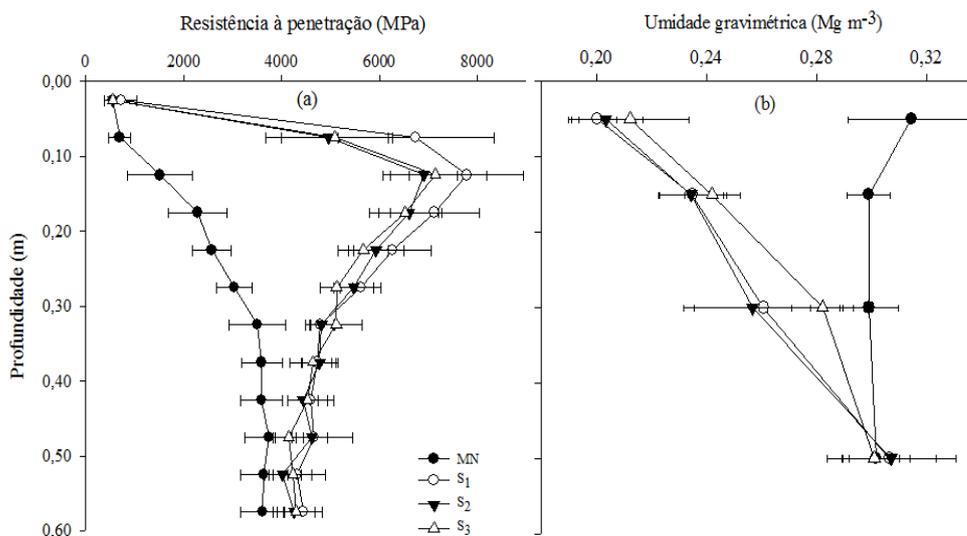


Figura 1 – Resistência à penetração (a) e umidade gravimétrica (b) de três sucessões de soja avaliados na camada de 0–0,6 m num Latossolo Vermelho distrófico em Londrina – PR.

S₁: Sucessão soja – nabo; S₂: Sucessão soja – pousio; S₃: Sucessão soja – *Brachiaria*; MN: mata nativa. Barras horizontais denotam intervalos de confiança da média e a sobreposição dos intervalos de confiança significa ausência de diferenças entre os tratamentos.