

Efeito do revolvimento e de sistemas de manejo na qualidade física do solo⁽¹⁾

Renato Lara de Assis⁽²⁾; Cássio Antonio Tormena⁽³⁾; Lucas Braga Pereira Braz⁽⁴⁾; Luiz Felipe Nicoletti Torrezan⁽⁴⁾; Alberto Cargnelutti Filho⁽⁵⁾; Camila Jorge Bernabé Ferreira⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho referente ao Projeto de Cooperação Acadêmico Interinstitucional - PROCAD entre FESURV – Universidade de Rio Verde e UEM – Universidade Estadual de Maringá como treinamento de pós-doutoral.

⁽²⁾ Professor do Instituto Federal Goiano Campus Iporá, Rodovia GO 060 km 1, Zona Rural, CEP 76200-000, Iporá (GO), E-mail: relassis@bol.com.br. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; ⁽³⁾ Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá (PR), E-mail: catormena@uem.br; ⁽⁴⁾ Acadêmicos do curso de Agronomia da FESURV – Universidade de Rio Verde, E-mail: lucasbpbraz@gmail.com; ⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), E-mail: alberto.cargnelutti.filho@gmail.com; ⁽⁶⁾ Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Estadual de Maringá. E-mail: kmilaphl@hotmail.com

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do revolvimento do solo e de sistemas de manejo em áreas de plantio direto na qualidade física do solo. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa, localizado nas áreas de produção da Fazenda Vargem, pertencente à Agropecuária Peeters S/A, localizada no município de Montividiu (GO). Os sistemas de manejo avaliados foram: mata nativa (MN) como testemunha, sistema plantio direto com 18 anos (PD18P) e área revolvida com aiveca e gradagem (AG) após 16 anos no sistema plantio direto. Foram avaliadas a densidade do solo, a porosidade e a capacidade de armazenamento de ar e de água do solo e a permeabilidade ao ar nas profundidades de 0–10, 10-20 e 20-40 cm. O PD18P apresentou maior permeabilidade na profundidade de 20-40 cm. O efeito do revolvimento do solo na área com passagem de aiveca e grade foi anulado com o tráfego de máquinas. Os indicadores da qualidade física do solo propostos por Reynolds se mostraram sensíveis mudanças em decorrência do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo. O revolvimento do solo com aiveca e gradagem promove uma distribuição uniforme dos parâmetros relacionados ao armazenamento de água e de ar.

Termos de indexação: Atributos físicos do solo, Permeabilidade ao ar, aiveca.

INTRODUÇÃO

O índice da qualidade física dos solos é um dos principais componentes da capacidade produtiva dos solos e os estudos em sistemas de plantio direto ainda são incipientes.

As pesquisas da avaliação da qualidade física do solo têm assumido grande importância e é uma área em expansão. As avaliações do espaço poroso através de suas relações para atender as condições de suprimento de água da parte aérea das plantas

nutrientes e ar e sua sustentação mecânica assumem importância na avaliação da qualidade física do solo.

O revolvimento do solo somente na linha de plantio permite a manutenção da continuidade de poros e de canais deixados por raízes mortas no perfil do solo. A distribuição de poros é mais uniforme em profundidade no sistema plantio direto, propiciando uma maior infiltração de água (Assis & Lanças, 2005), que promove uma maior movimentação de partículas finas do corretivo da acidez do solo para camadas mais profundas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do revolvimento do solo e de sistemas de manejo em áreas de plantio direto na qualidade física do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado num solo classificado como Latossolo Vermelho distróférrico (Embrapa, 1999), originalmente coberto por vegetação de cerrado e relevo plano, com declividade média variando entre as áreas de 0-5 cm m⁻¹, localizado nas áreas de produção da Fazenda Vargem Grande (17° 36' 41" S, 51° 48' 06" W e altitude média de 970 m), localizada no município de Montividiu (GO). A área sobre mata nativa apresentou textura argilosa, enquanto que as áreas de PD18P e a área AG apresentaram textura muito argilosa.

Os sistemas de manejo avaliados foram: Plantio direto com 18 anos (PD18P) e área com passagem de aiveca e gradeada após 16 anos no sistema de plantio direto (AG) e área de mata nativa (MN) sem ação antrópica com mais de 50 anos.

A área do PD18P foi cultivada na seguinte sequência (safra/safrinha – 2006/2007 – algodão safra; 2007/08 – soja/milho; 2008/09 – feijão/algodão; 2009/10 – algodão safra; 2010/11 – soja/algodão. Nos anos anteriores a área foi cultivada com a soja/algodão e em sequência soja ou feijão/milho, respectivamente, para safra/safrinha. No período de cultivo foram

realizadas correções (calagem e gessagem) com aplicação em superfície a cada 3 anos, usando 2.000 kg ha⁻¹ de calcário e 700 kg ha⁻¹ de gesso.

A área de AG anteriormente apresentou um histórico de 16 anos no sistema plantio direto, apresentando a seguinte sequência de cultivo (safra/safrinha – 2006/2007 – soja/milho; 2007/08 – algodão safra; 2008/09 – soja/feijão; 2009/10 – algodão safra e 2010/11 – feijão/algodão). Em junho e julho de 2009 foi aplicado 3.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e a passagem do arado de aiveca atingindo a profundidade de 40 cm e em seguida passada a grade niveladora de 80 discos para nivelamento do terreno. Após foi aplicado 1.500 kg ha⁻¹ de calcário e 1.500 kg ha⁻¹ de gesso e passagem grade intermediária com discos de 28 polegadas para incorporação. No início do período chuvoso foi realizado a semeadura da *Urochloa ruziziensis* a 15 kg ha⁻¹ para formação de massa. Esta foi dessecada e incorporada com rolo faca para plantio do algodão. Após a colheita do algodão realizou-se o plantio do feijão.

O tamanho de cada área experimental correspondente a cada sistema de manejo foi de 10.000 m² (100 x 100 m). Os pontos amostrais nas parcelas foram escolhidos na entrelinha da última cultura em cada sistema de manejo, procurando a melhor representatividade. Amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm para caracterização química e física das áreas. Esta avaliação foi realizada após as primeiras chuvas na primavera de 2009. Foram retiradas amostras deformadas para textura e amostras indeformadas para determinação da densidade do solo (DS), macro e microporosidade e capacidade de campo. Todas as determinações seguiram métodos descritos em Embrapa (1997).

Foram coletadas 18 amostras por profundidade em cada área experimental, totalizando 30 amostras por sistema de manejo, com anéis volumétricos de aproximadamente 100 cm³ (altura e diâmetro de 5 cm), totalizando 120 amostras (3 tratamentos x 3 profundidades x 10 repetições). As amostras em laboratório foram lentamente saturadas em bandeja. A obtenção do conteúdo de água, nos potenciais matriciais de -1, -6 e -10 kPa, foi realizada com uso de uma mesa de tensão.

As amostras utilizadas na determinação da permeabilidade ao ar foram as mesmas da determinação dos indicadores de Reynolds, tendo sido feita a medição da condutividade ao ar em cada amostra sempre que a mesma chegava ao equilíbrio da tensão matricial aplicada de -6 e 10 kPa. Após atingir o equilíbrio, determinou-se a permeabilidade intrínseca ao ar (K_a) utilizando-se

de metodologia descrita por Silva et al. (2009). Esse método é baseado no princípio da quantificação do decréscimo da pressão (h) em função do tempo (t), o qual é proporcional ao fluxo de ar que atravessa a amostra de solo.

A porosidade total do solo (P_t) foi determinada pela equação: $P_t = 1 - (D_s/\text{densidade de partículas do solo})$ (Embrapa, 1997).

Os parâmetros: capacidade de armazenamento de água do solo, capacidade de aeração do solo, porosidade no domínio dos macroporos, porosidade no domínio da matriz do solo e a capacidade de aeração da matriz do solo foram calculados conforme descrito em Reynolds et al. (2002).

O teor de água no ponto de murcha permanente no potencial de -1500 kPa foi determinado por meio de um psicrômetro (modelo WP4-T), marca *Decagon Devices* com metodologia descrita por Klein et al. (2010).

Os atributos físicos foram analisados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, incluindo a profundidade de amostragem como fator. Os resultados das análises físicas foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5 % de probabilidade para a comparação de médias pelo aplicativo SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 1 observou-se que o K_a aumentou com o secamento do solo do potencial de -6 kPa para -10 kPa em todos os tratamentos. Isto se deve pela formação de caminhos preferenciais para o fluxo de ar à medida que ocorre a drenagem progressiva de poros de menores tamanhos.

A área de AG apresentou homogeneidade dos parâmetros avaliados em todas as profundidades (Tabelas 1 e 2), sendo assim, não houve diferenças significativas entre as profundidades. Resultados em decorrência do revolvimento do solo e do tráfego posterior de máquinas na área.

Com o aumento da densidade do solo, normalmente, provocado pela compactação causa alterações na estrutura do solo, afetando o tamanho, a distribuição, a continuidade, o volume e a geometria dos poros (Lima et al., 2005), resultando na redução da K_a em dado conteúdo de água. Entretanto, no maior valor de densidade do solo no tratamento PD18P não ocorreu uma diminuição da K_a . Fato se deve a continuidade dos poros, devido ao menor revolvimento do solo sob sistema plantio direto formar poros mais contínuos e, por sua vez, a uma melhor condição de aeração do solo.

O PD18P apresentou maior valor de densidade

do solo na profundidade de 20-40 cm, entretanto a porosidade de aeração (Par 6) não diferiu da área de AG. Isto comprova a presença da continuidade dos poros no sistema plantio direto, enquanto que com o revolvimento do solo a mesma foi perdida. A não existência de diferença estatística para a permeabilidade nas tensões de -6 e -10 kPa em comparação com a área de AG na profundidade de 20-40 cm se deve ao elevado coeficiente de variação verificado, em decorrência da heterogeneidade das amostras de solo por apresentarem caminhos preferenciais para o fluxo de ar em razão da presença de raízes e minhocas. A área de MN apresentou valores elevados de permeabilidade (Ka6 e Ka10) e porosidade (Par6 e Par10) nas diferentes tensões e menores densidades do solo nas profundidades avaliadas (Tabela 1). Na avaliação da relação da porosidade de aeração (Par 6 e Par10) com a permeabilidade (Ka6 e Ka10) observa-se que o aumento da quantidade de poros livre de água resulta no aumento da permeabilidade ao ar. Com os resultados observa-se que o limite crítico de Ka10, sugerido por McQueen & Shepherd (2002), de $Ka < 1 \mu m^2$ não foi atingido, valor abaixo do qual as condições físicas do solo poderiam ser limitantes para o crescimento das plantas.

Analisando as Tabelas 1 e 2 observou-se efeito dos sistemas de manejo nos parâmetros de qualidade do solo. O revolvimento do solo no tratamento AG promove uma distribuição uniforme dos parâmetros relacionados ao armazenamento de água e ar. Na água disponível as alterações ocorridas foram negativas com tendência da diminuição da capacidade de armazenamento de água pelo solo.

A porosidade no domínio dos macroporos atingiu, dentre as áreas cultivadas, o maior valor na profundidade de 20-40 cm no PD18P, enquanto que a porosidade no domínio da matriz na profundidade de 0-10 cm para a mesma área. O maior aumento na porosidade no domínio dos macroporos pode comprometer a retenção de água. Isto refletiu na diminuição da água disponível neste solo.

No tratamento PD18P ficou evidenciado que com a elevação da densidade do solo na profundidade de 20-40 cm resultou numa diminuição da água disponível.

CONCLUSÕES

O tratamento PD18P apresentou uma maior permeabilidade na profundidade de 20-40 cm. O efeito do revolvimento do solo na área com

passagem de aiveca e grade foi anulado com o tráfego de máquinas.

Os indicadores da qualidade física do solo propostos por Reynolds se mostraram sensíveis as mudanças em decorrência do tráfego de máquinas e no revolvimento do solo.

O revolvimento do solo no tratamento AG promove uma distribuição uniforme dos parâmetros relacionados ao armazenamento de água e ar.

AGRADECIMENTOS

A CAPES através do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD entre FESURV – Universidade de Rio Verde e UEM – Universidade Estadual de Maringá como treinamento de pós-doutoral do 1º autor.

REFERÊNCIAS

ASSIS, R.L. de; LANCAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. R. Bras. Ci. Solo, 29:515-522, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

KLEIN, V.A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C.D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. Ciên. Rural, 40:1550-1556, 2010.

LIMA, H.V.; LIMA, C.L.R.; LEÃO, T.P.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & ROMERO, R.E. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. R. Bras. Ci. Solo, 29:677-684, 2005.

McQUEEN, D.J. & SHEPHERD, T.G. Physical changes and compaction sensitivity of a fine-textured, poorly drained soil (Typic Endoaquept) under varying durations of cropping, Manawatu Region, New Zealand. Soil Till. Res., 25:217-230, 2002.

SILVA, A.P.; LEÃO, T.P.; TORMENA, C.A.; GONÇALVES, A.C.A. Determinação da permeabilidade ao ar em amostras indeformadas de solo pelo método da pressão decrescente. R. Bras. Ci. Solo, 33:1535-1545, 2009.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. Geoderma, 110:131-146, 2002.

Tabela 1. Permeabilidade ao ar nas tensões de -6 (Ka6) e -10 kPa (Ka10), umidade do solo a -6 kPa (θ_6) e -10 kPa (θ_{10}) e porosidade de aeração a -6 (Par6) e -10 kPa (Par10) nos diferentes sistemas de manejo e profundidades

Trat.	Prof. (cm)	Ka6 (*10 ⁻¹²) μm^2	Ka10 (*10 ⁻¹²) μm^2	θ_6 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	Par6 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	θ_{10} $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	Par10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
MN	0-10	188,04 aA	239,72 aA	0,356 cA	0,217 aA	0,324 bA	0,249 aA
	10-20	103,922 aB	125,860 aB	0,381 aA	0,188 aB	0,337 aA	0,232 aAB
	20-40	24,288 aC	38,261 aC	0,378 aA	0,172 aB	0,345 aA	0,206 aB
PD18P	0-10	5,626 bA	10,395 bA	0,407 aA	0,104 cB	0,361 aA	0,150 cB
	10-20	2,694 bA	4,200 bA	0,370 aAB	0,120 bB	0,350 aAB	0,140 bB
	20-40	22,374 aA	27,733 aA	0,343 bB	0,128 bB	0,323 abB	0,148 bB
AG	0-10	2,381 bA	3,931 bA	0,372 bcA	0,127 cA	0,350 abA	0,150 cA
	10-20	5,062 bA	7,107 bA	0,371 aA	0,119 bA	0,352 aA	0,137 bA
	20-40	4,143 aA	6,152 aA	0,362 abA	0,127 bA	0,337 aA	0,150 bA
CV(%)		83,0	74,87	7,16	16,22	7,53	14,90

Letras maiúsculas na coluna comparam profundidades dentro de cada tratamento.

Letras minúsculas na linha comparam tratamentos dentro de cada profundidade

MN (Mata nativa); PD18P (Plantio direto com 18 anos); AG (Área com passagem de aiveca e gradeada)

Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação (CV) dos indicadores de qualidade física do solo nas diferentes profundidades e nos diferentes sistemas de manejo.

Trat.	Prof.(cm)	Ds ¹	Macro	Micro	Pt	PDMacro	PDMatriz
		Mg m^{-3}	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$				
MN	0-10	0,92 cB	0,219 aA	0,356 cB	0,575 aA	0,072 aA	0,503 aB
	10-20	0,92 bAB	0,188 aB	0,381 aAB	0,569 aA	0,034 bB	0,535 aA
	20-40	0,99 cA	0,170 aB	0,397 aA	0,567 aA	0,033 abB	0,533 aA
PD18P	0-10	1,08 bC	0,160 bA	0,387 abA	0,547 aA	0,039 bB	0,508 aA
	10-20	1,20 aB	0,120 bB	0,370 aA	0,490 bB	0,031 bB	0,460 bB
	20-40	1,29 aA	0,128 bB	0,343 bcB	0,470 bB	0,049 aA	0,422 bC
AG	0-10	1,15 abA	0,127 cA	0,372 bcA	0,500 bA	0,032 bA	0,468 bA
	10-20	1,22 aA	0,122 bA	0,372 aA	0,494 bA	0,037 bA	0,456 bA
	20-40	1,19 bA	0,126 bA	0,362 bA	0,488 bA	0,043 abA	0,445 bA
CV (%)		5,98	18,47	6,45	5,49	37,48	5,52
Trat.	Prof.(cm)	CAMatriz	CC	PMP	CC/Pt	CAt/Pt	AD
		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$					$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
MN	0-10	0,147 aA	0,356 cB	0,187 aA	0,62 cB	0,38 aA	0,169 abB
	10-20	0,154 aA	0,381 aAB	0,144 bA	0,67 bA	0,33 aB	0,237 aA
	20-40	0,137 aA	0,397 cA	0,176 abA	0,70 aA	0,30 aB	0,221 aA
PD18P	0-10	0,121 abA	0,387 abA	0,219 aA	0,71 bA	0,29 bA	0,168 bA
	10-20	0,089 bB	0,370 aA	0,185 abA	0,76 aA	0,24 bA	0,185 abA
	20-40	0,079 cB	0,343 bcB	0,203 abA	0,73 aA	0,27 aA	0,140 bA
AG	0-10	0,096 bcA	0,372 bcA	0,196 aA	0,75 bA	0,25 bA	0,176 abA
	10-20	0,084 bA	0,372 aA	0,237 aA	0,75 aA	0,25 bA	0,135 bA
	20-40	0,082 cA	0,362 bA	0,218 aA	0,74 aA	0,26 aA	0,145 bA
CV (%)		21,26	6,45	23,54	5,92	15,70	25,93

Letras maiúsculas na coluna comparam, por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade, profundidades dentro de cada tratamento.

Letras minúsculas na coluna comparam, por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade, tratamentos dentro de cada profundidade

¹Ds, densidade do solo; Macro, macroporosidade; Micro, microporosidade; Pt, porosidade do solo; PDMacro, porosidade no domínio dos macroporos; PDMatriz, porosidade no domínio da matriz do solo; CAMatriz, capacidade de aeração da matriz do solo; CAt, capacidade de aeração total do solo; CC, conteúdo de água retido à capacidade de campo; PMP, Ponto de murcha permanente; CC/Pt, capacidade de armazenamento de água do solo, adimensional; e CAt/Pt, capacidade de armazenamento de ar do solo, adimensional; AD, água disponível

MN (Mata nativa); PD18P (Plantio direto com 18 anos); AG (Área com passagem de aiveca e gradeada)