

Caracterização de sistemas de manejo em latossolo vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos

Characterization of management systems in a typical hapludox using biological, physical and chemical parameters

Norton Polo Benito^{1*}; Maria de Fátima Guimarães²; Amarildo Pasini³

Resumo

O funcionamento de um sistema agrícola é melhor compreendido com abordagens experimentais multifatoriais relativas à ecologia do solo, envolvendo atributos físicos, químicos e biológicos. Este trabalho avaliou as influências de quatro sistemas de manejo do solo sobre os referidos atributos de um Latossolo Vermelho distroférico no município de Rolândia – Paraná, com o objetivo de identificar variações para cada manejo. Foram avaliados: porosidade do solo, densidade do solo e de partículas, estabilidade de agregados, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, granulometria, perfil cultural, características químicas e macrofauna invertebrada do solo. A atividade biológica apresentou relação com as estruturas observadas no perfil (μ , estruturas microagregadas) e com o aumento dos agregados entre 0,5 e 2 mm encontrados no tamisamento úmido. O manejo das áreas também modificou o perfil do solo, principalmente até 0,2 m de profundidade, especialmente na pastagem, em que o pisoteio do gado aumentou a densidade do solo em relação à semeadura direta. A disponibilidade de água tendeu a aumentar no sistema de semeadura direta, assim como houve uma tendência de maior quantidade de macroporos em relação à pastagem. A saturação de bases nas áreas agrícolas ficou entre 50 e 75%. A macrofauna de invertebrados diminuiu nas áreas agrícolas, em relação à mata.

Palavras-chave: Plantio direto, pastagem, solo, macrofauna

Abstract

The dynamics of an agricultural system are better understood by means of multifactor experimental approaches on soil ecology, involving physical, chemical, and biological attributes. This study evaluated the influence of four soil management systems on those attributes in a Typic Hapludox in Rolândia – State of Paraná, Brazil, in order to identify variations in each type of management. Evaluations included: soil porosity, bulk and particle density, aggregate stability, field capacity and permanent wilting point, granulometry, cropping profile, chemical characteristics, and soil invertebrate macrofauna. Biological activity showed a relationship with the structures observed in the profile (μ , microaggregate structures) and with the increase in aggregates between 0.5 and 2 mm found via the clod method. Soil management introduced changes in the soil profile, particularly down to a 0.2 m depth, especially in the pasture, where cattle trampling increased bulk density in relation to no-till. Water availability tended to increase in the no-till system, and there was also a tendency of higher number of macropores in relation to the pasture. Base saturation in the agricultural areas was between 50 and 75%. The invertebrate macrofauna decreased in agricultural areas, as compared to the forest.

Key words: No-till, pasture, soil, macrofauna

¹ Pesquisador do NTSB - Embrapa Recursos Genéticos (Cenargen). CP 02372, Brasília, DF. CEP 70770-900.
E-mail: norton@cenargen.embrapa.br

² Professora de Uso e Conservação de Solos do Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina – Londrina – PR.

³ Professor de Entomologia do Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina – Londrina – PR.

* Autor para correspondência

Introdução

As características físicas do solo são interdependentes e a ocorrência de modificações em uma delas, normalmente, leva a mudanças em todo o complexo do sistema solo (VIEIRA, 1985).

A adoção de técnicas de manejo do solo como o sistema de semeadura direta, considerada uma das práticas de manejo conservacionista, visa minimizar a erosão e proporcionar a melhoria na qualidade do solo com aumento da fertilidade, matéria orgânica, CTC na superfície do solo, umidade, (CASTRO et al., 1987; MERTEN; MIELNICZUK, 1991), apesar do aumento da resistência à penetração em função do aumento da densidade e da diminuição da macroporosidade (VAN LIER; TREIN, 1996).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico, isto porque atua diretamente sobre a estrutura, havendo ou não revolvimento do solo (VIEIRA, 1985).

O preparo do solo acarreta mudanças estruturais que modificam a porosidade, densidade, retenção e armazenamento de água e estabilidade de agregados do solo; além de influenciar os grupos biológicos que participam dos processos físicos e químicos. Dentre estes grupos está a macrofauna invertebrada do solo, que faz parte dos processos de ciclagem e mineralização da matéria orgânica, responsável por até 15% da movimentação física do solo, atuando na porosidade, agregação e estabilidade das estruturas (BLANCHART, 1990; GASSEN; GASSEN, 1996; VIEIRA, 1985), e interfere nos processos ocorridos no solo, ao mesmo tempo em que é afetada pelas alterações apresentadas no meio. A implantação de sistemas agrícolas altera a diversidade destes organismos e interfere na rede de interações existentes. (BRUSSAARD, 1998).

A diversidade de invertebrados do solo é afetada pela atividade antrópica o que pode levar a ao desaparecimento de alguns grupos (LAVELLE, 1996), sugerindo que a degradação do solo nos trópicos está relacionada com a redução da atividade

e da diversidade da fauna do solo (LAL, 1991). Assim, a fauna deve ser vista como um “recurso” a ser manejado (LAVELLE, 1997). As conseqüências de impactos negativos em áreas agricultáveis podem ser medidas e compreendidas por modificações na composição, abundância e diversidade de grupos indicadores que precisam de recursos do sistema (BROWN JÚNIOR, 1997).

Estudos sobre ecologia de solo focados no desenvolvimento de abordagens experimentais multifatoriais com o objetivo de criar um modelo para compreender o funcionamento do sistema, influenciado pelas práticas de manejo, podem tornar-se uma importante ferramenta, e estes modelos tornar-se-ão mais acurados quando relacionarem os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos solos (KAY, 1990).

O trabalho objetivou verificar o comportamento de atributos biológicos, físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distroférico submetido a quatro sistemas de manejo, no município de Rolândia, Paraná.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no município de Rolândia, PR (51°20'W; 23°10'S; 620-640 m de altitude), em Latossolo Vermelho distroférico (Oxisol). O clima na região é subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual variando de 1800 a 2400 mm, apresentando déficits hídricos no mês de julho e agosto (CORREA; GODOY; BERNARDES, 1982). Os dados foram coletados em junho e julho de 1996.

Os manejos avaliados foram: sistema de semeadura direta (SD) de longa duração; pastagem (P); sistema de semeadura direta de longa duração com pastoreio do excesso da palhada (SD/P) e mata secundária com a introdução de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) (M) como referência. A rotação de culturas implantadas nos sistemas SD e SD/P obedece a seguinte ordem:

- verão: – soja/milho;
- inverno: – a cada três anos, dois são cultivados com aveia (*Avena sativa*) e um com triticale (*Secale cereale*).

O sistema de rotação SD/P foi iniciado em 1989, sendo que o excedente da palha da cultura de verão era pastoreada. A área de pasto foi implantada em 1987, com a espécie *Brachiaria brizantha*.

A avaliação foi feita após o cultivo do milho nos sistemas SD e SD/P. Foram avaliados parâmetros biológicos, físicos e químicos do solo, sendo empregadas as seguintes metodologias:

- porosidade: foram coletadas amostras indeformadas nos três sistemas de cultivo a 0,08, 0,16 e 0,24 m de profundidade, com anéis volumétricos ($v = 347,5 \text{ cm}^3$). Foram determinados densidade global e índice de vazios, macro e microporosidade utilizando mesa de tensão (EMBRAPA, 1979);
- densidade do solo: determinada em amostras deformadas nas profundidades de 0,08, 0,16 e 0,24 m (EMBRAPA, 1979);
- estabilidade dos agregados: foram coletadas amostras nas profundidades de 0,08, 0,16 e 0,24 m, sendo determinada a porcentagem de agregados por tamisamento úmido, com peneiras de 6,35; 4,00; 2,00; 1,00 e 0,50 mm (EMBRAPA, 1979);
- granulometria: amostras coletadas a 0,08, 0,16 e 0,24 m (EMBRAPA, 1979);
- capacidade de campo e ponto de murcha permanente: foram determinados nas

profundidades de 0,08 e 0,16 m sendo utilizado o aparelho extrator de Richards (EMBRAPA, 1979);

- perfil cultutal (caracterização do tipo e organização espacial das estruturas do solo): dois perfis foram abertos em cada área de cultivo e um na área de mata secundária (1,30 m de largura por 1,00 m de profundidade), amostras indeformadas foram retiradas e utilizadas para descrição das estruturas (TAVARES FILHO et al., 1999);
- análise química (Tabela 2): foram realizadas em amostras indeformadas (EMBRAPA, 1979);
- macrofauna invertebrada do solo: foram retirados cinco monólitos (0,20 x 0,20 x 0,20 cm) distanciados em cinco metros em cada sistema de manejo. Os monólitos foram separados em três camadas: serapilheira, 0-10 cm e 10-20 cm. A macrofauna (animais > 2mm) (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979) foi separada manualmente e conservada em álcool 70% (ANDERSON; INGRAM, 1993).

Os dados de macrofauna, capacidade de campo, ponto de murcha, estabilidade de agregados, densidade e porosidade do solo das áreas agrícolas nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm foram submetidos à Análise Multivariada (Análise de Componentes Principais – ACP).

Resultados e Discussão

O solo da área foi classificado como argiloso (Tabela 1), segundo diagrama de repartição de classes texturais (LE MOS; SANTOS, 1984).

Tabela 1. Granulometria dos sistemas de manejo. Matéria orgânica dos sistemas de manejo e da mata. SD – semeadura direta; SD/P – semeadura direta com pastoreio; P – pastagem.

	SD	SD/P	P
Argila (g.kg ⁻¹)	729	733	735
Silte (g.kg ⁻¹)	183	161	179
Areia (g.kg ⁻¹)	88	106	86
Matéria orgânica (g/dm ³)	21,66	12,64	37,91

A área de pastagens apresentou a maior densidade do solo na camada superficial (0-10 cm) seguida pelo sistema SD/P. O solo do sistema de semeadura direta (SD) apresentou menor densidade nesta camada (Tabela 2). Valores próximos foram encontrados por Kemper e Derpsch (1981), Derpsch, Sidiras e Roth (1986) e Roth, Castro Filho e Medeiros (1991) para semeadura direta

em Latossolo vermelho com valores de densidade aparente entre 0,96 e 1,16, e entre 1,10 e 1,15, e entre 0,80 e 1,15, respectivamente, medidas em amostras indeformadas. Trabalhos medindo a densidade a partir de estruturas coletadas no perfil do solo apresentaram valores maiores entre 1,30 e 1,40 (JORGE; CAMARGO; VALADARES, 1991; ROTH; CASTRO FILHO; MEDEIROS, 1991; BORGES et al., 1999; FREGONEZI et al., 2001).

Tabela 2. Macro e microporosidade e densidade do solo e de partículas dos sistemas de manejo nas profundidades de 0,08 m (8), 0,16 m (16) e 0,24 m (24). P – pastagem; SD – semeadura direta; SD/P – semeadura direta pastoreada.

Porosidade	P 8	SD 8	SD/P 8	P 16	SD 16	SD/P 16	P 24	SD 24	SD/P 24
Macro (cm ³ .cm ⁻³)	0,03	0,11	0,11	0,06	0,10	0,09	0,05	0,06	0,07
Micro (cm ³ .cm ⁻³)	0,49	0,44	0,44	0,47	0,44	0,45	0,48	0,46	0,46
Densidade	P 8	SD 8	SD/P 8	P 16	SD 16	SD/P 16	P 24	SD 24	SD/P 24
Solo (kg/dm ³)	1,30	1,19	1,22	1,24	1,16	1,21	1,19	1,13	1,13
Partículas (kg/dm ³)	2,81	2,85	2,89	2,82	2,85	2,83	2,84	2,89	2,84

As estruturas observadas no perfil cultural nas áreas de semeadura direta e pastagem foram diferentes das observadas por Fregonezi et al. (2001) trabalhando em áreas de pastagem na região do Cerrado (Latosolo Vermelho-Amarelo). A maior quantidade de argila, matéria orgânica e umidade nos solos sob semeadura direta podem

explicar a estrutura C $\Delta\mu$ (contínua medianamente compacta) e C μ (Tabela 3) formada em quase toda a camada de 0-0,40 m das áreas agrícolas estudadas, sendo uma massa contínua sem apresentar fissuras e torrões, ocorrendo diferenciação da área de mata secundária que apresentou estruturas fisuradas (F) com torrões.

Tabela 3 – Perfil Cultural – caracterização morfológica das estruturas encontradas nos sistemas de manejo estudados.

Camada	SD	SD/P	P	M
1	L $\Delta\mu$ – 0-0,05 m	L $\Delta\mu$ – 0-0,05 m	L – 0-0,01 m ou ausente	L – 0-0,1 m
2	C $\Delta\mu$ – 0,05-0,42 m	C $\Delta\mu$ – 0,05-0,45 m	C Δ – 0-0,13 m	F $\Delta\mu/\mu$ – 0,1-0,3 m
3	NAM – a partir de 0,42 m	NAM – a partir de 0,45 m	C $\Delta\mu$ – 0,13-0,41 m	C μ – 0,3-0,45 m
4	-	-	NAM – a partir de 0,41 m	NAM – a partir de 0,45 m

L = estrutura livre, solo pulverizado;

L $\Delta\mu$ = pequenos torrões soltos, com média porosidade visível;

F $\Delta\mu/\mu$ = torrões de vários tamanhos, amontoados uns sobre os outros resultando numa importante porosidade fissural, forte atividade biológica, transição de F $\Delta\mu$ para C μ ;

C $\Delta\mu$ = estrutura contínua com porosidade predominante de empilhamento de pequenos agregados arredondados;

C μ = com aspecto mais compacto que o C $\Delta\mu$;

C μ = estrutura granular típica dos latossolos, horizonte Bw;

NAM = não alterado pelo manejo

A macroporosidade tendeu a ser maior nos sistemas SD e SD/P nas profundidades de 8 e 16 cm (10% – Tabela 2), e a microporosidade do solo nas três áreas agrícolas situa-se entre 40 e 49%. Jorge, Camargo e Valadares (1991) encontraram em sistemas convencionais com cultivo de milho valores de macroporosidade entre 7 e 16% e microporosidade entre 45 e 53% semelhantes aos valores encontrados neste estudo. Derpsch, Sidiras e Roth (1986) verificaram menor macroporosidade em sistemas de semeadura direta comparado a sistemas convencionais, porém eles encontram valores entre 17 e 18% de macroporos para a semeadura direta. Roth, Castro Filho e Medeiros (1991) encontraram valores de macroporosidade entre 20 e 26% sendo os valores da semeadura direta (24,9%) maiores que os valores do sistema convencional (20,4%). A porosidade fisural, entre agregados, é importante na manutenção da porosidade do solo, compensando a baixa porosidade intra-agregados (FREGONEZI et al., 2001), porém, o perfil do solo apresentando estruturas C (contínua) pode depender mais da atividade biológica, ou seja, da porosidade biológica para a formação de macroporos.

O sistema P teve a porosidade total e a macroporosidade reduzida nas três profundidades, em relação aos outros sistemas. Tal característica se evidencia na camada superficial do solo (0–0,10 m), sendo confirmada pelo estudo de perfil (Tabela 3), e

pelo estudo de densidade aparente (Tabela 2). Esta diminuição na porosidade e concomitante aumento na densidade justificam-se pela ação compactadora do tráfego do gado, o que é agravado pela variação de umidade e textura argilosa e pela maior quantidade de matéria orgânica que funciona como agente cimentante; quando um solo seca, a desidratação dos agentes cimentantes e a consolidação da argila podem promover uma densificação maior que a causada por qualquer agente externo em condições naturais (FREITAS; BLANCANEAU, 1994).

Quanto à disponibilidade de água (CC – PMP) às plantas (AD), o melhor resultado foi observado no sistema de semeadura direta (Tabela 4), o que pode estar associado a uma melhor distribuição de poros (macro e microporos) no solo. A semeadura direta modifica a camada de 0-5 cm de profundidade modificando sua estrutura por diminuir o número de macroporos e aumentar o número de microporos salientado que este sistema pode condicionar uma maior retenção de água nos poros com diâmetro entre 50 a 9 µm de diâmetro como observado por Oliveira et al. (2004). Uma maior taxa de infiltração de água no solo em semeadura direta está relacionado em grande parte aos canais (bioporos) formados por raízes e artrópodes do solo, por exemplo, Derpsch, Sidiras e Roth (1986) encontraram de 2 a 9 vezes mais oligochaetas na semeadura direta do que nos outros sistemas cultivados.

Tabela 4. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), em porcentagem da umidade, dos diferentes sistemas de manejo, nas profundidades de 0,08 m (8) e 0,16 m (16). P – Pastagem; SD – Semeadura direta; SD/P – Semeadura direta pastoreada.

	P 8	SD 8	SD/P 8	P 16	SD 16	SD/P 16
CC (%)	35,25	34,30	32,41	36,75	35,16	34,90
PMP (%)	30,49	29,34	28,17	32,58	31,25	30,85
AD (%)	4,76	4,96	4,24	4,17	3,91	4,05

Dos três sistemas de manejo, tanto na capacidade de campo (33 KPa) como no ponto de murcha permanente (1500 KPa), os maiores valores de umidade ocorreram no solo sob pastagem, sistema este que apresentou a maior densidade de solo e maior percentual de microporos e energia de

água. Apesar disso, este sistema condicionou uma disponibilidade de água na camada superficial do solo próximo do que foi observado na semeadura direta o que pode estar relacionado as maiores porcentagens de matéria orgânica encontradas neste sistema.

A porcentagem de agregados acima de 6,35 mm (Tabela 5) é maior nas estruturas do sistema P, sendo observado no perfil cultural estruturas mais compactas. Oliveira et al. (2004) encontrou 87% de agregados de 2 a 8 mm em semeadura direta em Latossolos vermelhos na região do Cerrado, enquanto Silva e Mielniczuk (1998) encontraram valores entre 60 e 70% (peneiragem via seca) de agregados maiores que 2 mm para semeadura direta e pastagens em solos de textura argilosa. A estabilidade de agregados tende a aumentar em solos sob gramíneas do que sob leguminosas

(SILVA; MIELNICZUK, 1998), a porcentagem de agregados maiores que 2 mm na pastagem (P) (97,36%), comparado a SD e SD/P (94,66% e 93,88%, respectivamente), mostra que as gramíneas são mais eficientes na estabilização dos agregados maiores que 2 mm (SILVA; MIELNICZUK, 1998). O solo do sistema P permanece o ano todo sob gramínea, enquanto que os solos dos sistemas SD e SD/P estão sujeitos a rotação de culturas com leguminosas (soja, adubos verdes) além de contar com movimentação do solo até 10 cm devido à semeadura.

Tabela 5. Distribuição de agregados (em porcentagem) para os diferentes sistemas de manejo de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m de profundidade.

Peneira (mm)	P		SD		SD/P	
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m
6,35 (%)	65,74	67,5	63,73	59,83	56,6	52,6
4,00 (%)	28,25	28,68	24,5	26,77	29,8	31,25
2,00 (%)	3,37	2,35	6,43	6,83	7,4	10,1
1,00 (%)	1,31	0,74	2,7	3	3,5	4,9
0,50 (%)	0,78	0,41	1,73	1,35	1,8	4,7
< 0,50 (%)	0,55	0,32	0,9	1,77	0,9	1,5

A macrofauna do solo apresentou as maiores populações na mata secundária (2652,8 ind/m²) seguido pela SD/P (1107,2 ind/m²), SD (726,4 ind/m²) e P (451,2 ind/m²) (Tabela 6). Na Mata (M) 82,9% da fauna estavam na camada 0-0,10 m (Tabela 7) e o maior número de Formicidae foi encontrado nesta área. Miriápode foi encontrado em maior número na SD/P, sendo que o número de diplopodas pode aumentar em áreas de pastagens (BENITO et al., 2004). Coleoptera e Arachnida apresentaram mais indivíduos na SD/P e SD. Oligochaetas foram encontradas em maior número na camada 0,10-0,20 m na M e SD/P. Todas as áreas estudadas tiveram

pouco revolvimento do solo, devido ao manejo sem aração ou gradagem, isto pode favorecer, com o passar dos anos, o estabelecimento de comunidades da fauna do solo adaptadas a cada situação de utilização e cobertura vegetal (BENITO et al., 2004).

A análise química do solo realizada em estruturas retiradas no perfil cultural apresentou para a Mata (M) valores de pH e saturação de bases mais baixos que nas áreas agrícolas. A P teve valores de Ca, Mg e K equivalentes com SD e maiores que a SD/P. A quantidade de fósforo foi maior na SD comparado às outras áreas (Tabela 8).

Tabela 6. População (ind/m²) dos principais grupos de fauna e da fauna total por profundidades. Camada de serapilheira (ser); 0-0,1 m (1); 0,1-0,2 m (2). SD – semeadura direta; SD/P – semeadura direta pastoreada; M – mata; P – pastagem.

Tratamentos	Oligochaeta (ind/m ²)	Aracnida (ind/m ²)	Coleóptera (ind/m ²)	Díptera (ind/m ²)	Formicidae (ind/m ²)	Lepidóptera (ind/m ²)	Miriápoda (ind/m ²)	Fauna Total (ind/m ²)
SD ser	3,2	16	22,4	0	48	16	3,2	108,8
SD 1	3,2	3,2	57,6	0	108,8	6,4	57,6	236,8
SD 2	44,8	0	9,6	9,6	268,8	0	48	380,8
SD/P ser	0	16	6,4	0	19,2	0	0	41,6
SD/P 1	83,2	0	35,2	22,4	316,8	0	112	569,6
SD/P 2	131,2	0	44,8	6,4	198,4	0	115,2	496
M ser	0	0	9,6	0	150,4	9,6	0	169,6
M 1	38,4	6,4	38,4	0	2108,8	3,2	3,2	2198,4
M 2	156,8	0	6,4	3,2	112	0	6,4	284,8
P ser	0	0	3,2	0	3,2	0	0	6,4
P 1	12,8	0	32	0	112	0	22,4	179,2
P 2	25,6	0	22,4	0	131,2	0	86,4	265,6

Tabela 7. Distribuição em porcentagem da macrofauna nas camadas de solo amostradas. P – pastagem; SD – semeadura direta; SD/P – semeadura direta com pastoreio; M – mata secundária.

	P (%)	SD (%)	SD/P (%)	M (%)
serapilheira	1,4	15,0	3,8	6,4
0-0,1 m	39,7	32,6	51,4	82,9
0,1-0,2 m	58,9	52,4	44,8	10,7
Taxa	6	11	6	9

Tabela 8. Análise química das amostras retiradas do perfil cultural. Áreas: SD – semeadura direta, SD/P – semeadura direta com pastoreio, P – pastagem, MA – mata secundária. pH em CACL₂; Al, H+Al, Ca, Mg e K em cmol_c/dm³; P em mg/dm³; MO (matéria orgânica) em g/dm³.

Área	Camada ¹	Prof. ²	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	V	MO
				cmol _c /dm ³				mg/dm ³		(%)	g/dm ³
SD	C	0 – 0,4	5,9	0,00	3,36	6,32	1,63	0,21	34,92	70,76	21,21
SD/P	C	0 – 0,5	5,7	0,00	3,30	2,81	1,17	0,06	1,07	54,80	13,32
P	C	0 – 0,1	6,1	0,00	3,08	6,33	1,88	0,50	12,82	73,91	37,46
P	C	0,1 – 0,4	6,1	0,00	3,07	4,76	1,74	0,39	5,29	69,21	24,37
MA	F	0,05 – 0,3	4,0	1,60	11,26	1,46	0,39	0,15	1,88	15,11	28,88
MA	C	0,3 – 0,45	4,1	1,80	10,45	0,45	0,12	0,08	0,90	5,83	23,02

1 – camada correspondente ao perfil cultural;

2- profundidade da camada em metros.

Análise de Componentes Principais e as Características das Áreas Manejadas

Os agregados entre 0,5 mm e 2 mm, apresentam relação com a presença da fauna, principalmente Oligochaeta e Formicidae (eixo 1 – Tabela 9), especialmente na área SD/P diminuindo

gradativamente na área SD (Tabela 6). Este tamanho de agregados corresponde ao trabalho da macrofauna no solo, que forma estruturas organominerais estabilizadas no solo (OADES; WATERS, 1991; OADES, 1993).

Tabela 9. Componentes Principais com dois fatores representando 70,6% da informação das variáveis dos tratamentos: P – pastagem; SD – semeadura direta; SD/P – semeadura direta com pastoreio. Nas profundidades 1 – 0-0,10 m e 2 – 0,10-0,20 m. Variáveis: CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; MicroP – microporosidade; MacroP – macroporosidade; DenA – densidade aparente; DenR – densidade real; P-6,35 – agregados da peneira de 6,35mm; P-4 – agregados da peneira de 4mm; P-2 – agregados da peneira de 2mm; P-1 – agregados da peneira de 1mm; P-0,5 – agregados da peneira de 0,5mm; P<0,5 – agregados menores que a peneira de 0,5mm; Oligochaeta; Miriápode; Formicidae; Coleóptera; Díptera; Fauna Total – soma de todos os grupos da macrofauna.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Total
Informação por eixo (%)	52,24	18,37	14,04	10,57	4,78	100,00
Tratamentos						
P 0-0,10 m	(-)*30,72	0,19	(-8,97	3,92	39,54	
P 0,10-0,20 m	(-23,15	2,19	(-2,44	(-10,20	(-45,35	
SD 0-0,10 m	(-0,10	(-16,54	24,20	37,50	(-4,99	
SD 0,10-0,20 m	1,55	0,16	35,46	(-36,24	9,92	
SD/P 0-0,10 m	22,58	(-29,49	(-27,86	(-3,40	0	
SD/P 0,10-0,20 m	21,90	51,43	(-1,07	8,74	(-0,20	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Variáveis						
Oligochaeta	0,80	0,49	-0,34	-0,07	-0,02	
Coleóptera	0,23	-0,14	-0,06	0,94	-0,18	
Díptera	0,10	-0,83	-0,53	-0,14	-0,06	
Formicidae	0,76	-0,20	-0,14	-0,58	0,17	
Miriápoda	0,69	0,17	-0,41	-0,04	-0,57	
Fauna Total	0,91	0,04	-0,30	-0,27	-0,07	
Capacidade de Campo	-0,70	0,60	0,25	-0,18	-0,25	
Ponto de Murcha Permanente	-0,53	0,68	0,22	-0,38	-0,27	
Peneira 6,35 mm	-0,94	-0,28	0,11	-0,03	-0,16	
Peneira 4 mm	0,35	0,54	-0,74	-0,18	-0,01	
Peneira 2 mm	0,93	0,22	0,14	0,22	0,12	
Peneira 1 mm	0,94	0,24	0,07	0,20	0,13	
Peneira 0,5 mm	0,75	0,54	-0,02	0,39	0,01	
Peneira < 0,5 mm	0,70	0,29	0,53	-0,19	0,34	
Macroporosidade	0,79	-0,35	0,43	-0,05	-0,26	
Microporosidade	-0,86	0,23	-0,42	-0,03	0,19	
Densidade Aparente	-0,61	0,08	-0,72	0,23	0,24	
Densidade Real	0,72	-0,66	-0,04	-0,18	-0,06	

* o símbolo de (-) para os tratamentos relaciona-se com os valores negativos apresentados para as variáveis.

Agregados maiores que 6,35 mm tiveram relação positiva com capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), microporosidade e densidade aparente (eixo 1 – Tabela 9), e nenhum grupo da macrofauna do solo apresentou relação com o aumento destes valores, sendo a P a área com maior tendência a estes resultados, devido, ao pisoteio do gado, e formação de agregados grandes e compactos. Na pastagem os 15 cm iniciais apresentaram característica compacta (Tabela 3) com pouca macroporosidade e a maior densidade aparente (Tabela 2) registrando a menor quantidade de macrofauna na camada de 0-0,10 m.

Na área SD/P a compactação por pisoteio do gado tem efeito nas camadas 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, sendo notados de forma diferente porque a camada 0-0,10 m sofre processo de descompactação no momento da semeadura. No eixo 2 da ACP o PMP e a CC tendem a aumentar na camada 0,10-0,20 m, e no eixo 3 a densidade aparente e a relação com agregados entre 4 e 6,35 mm aumenta na camada 0-0,10 m.

A atividade biológica teve relação com as estruturas observadas no perfil, sobretudo a estrutura microagregada (μ), e com os agregados entre 0,5 e 2 mm encontrados no tamisamento úmido, assim como o manejo das áreas também modificou o perfil do solo, principalmente até 20 cm de profundidade, especialmente o pisoteio do gado que aumentou a densidade aparente na pastagem (P) em relação à semeadura direta (SD e SD/P). Nestas áreas houve uma tendência de maior quantidade de macroporos (SD e SD/P) e disponibilidade de água (SD) em relação à pastagem. A saturação de bases nas áreas agrícolas ficou entre 50 e 75%. A macrofauna de invertebrados diminuiu nas áreas agrícolas em relação à mata.

As áreas caracterizaram-se pelas seguintes observações: todas as áreas cultivadas apresentaram estruturas contínuas (C) no perfil do solo, sem fissuras, variando nelas a atividade biológica e a compactação; a pastagem (P) apresentou a

maior densidade do solo, maior microporosidade, agregados maiores que 4 mm e uma camada inicial de 0-0,15 m mais compacta (perfil cultural), maior quantidade de matéria orgânica (3,7%), baixa população total da macrofauna, ocorrendo, principalmente, miriápodes; a semeadura direta com pastoreio (SD/P) teve valores intermediários (entre P e SD) de densidade e porosidade e as maiores populações de miriápodes e minhocas, maior quantidade de agregados entre 0,5 e 2 mm; a semeadura direta (SD) caracterizou-se pela maior macroporosidade, a menor densidade do solo e maior quantidade de população na serapilheira entre as áreas cultivadas; na mata (M) foram observadas, no perfil cultural do solo, estruturas fissuradas (F) com forte atividade biológica, com a maior parte da população de macrofauna na camada de 0-0,10 m, especialmente, formigas, e um solo de pH 4,0 e com baixa saturação de bases.

Conclusões

As áreas caracterizaram-se pelas seguintes observações:

- Em todas as áreas cultivadas foram observadas estruturas no perfil do solo, até 0,40 m de profundidade, diferentes de uma área sem ação do homem (mata);
- A pastagem (P) apresentou a maior densidade do solo, agregados maiores, maior microporosidade, e uma camada inicial de 0-0,15 m mais compacta devido ao pisoteio do gado, porém com maior quantidade de matéria orgânica (3,7%), e menor quantidade de indivíduos da macrofauna quando comparado à semeadura direta;
- A semeadura direta (SD) caracterizou-se pela maior macroporosidade, a menor densidade do solo e maior quantidade de população na serapilheira. A presença de gado na área de semeadura direta aumentou a densidade do solo e a microporosidade, porém manteve as maiores populações de miriápodes e minhocas.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2.ed. Oxford: CAB International, 1993.
- BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). *European Journal of Soil Biology*, Montrouge, v. 40, n. 3-4, p. 147-154, 2004.
- BLANCHART, E. *Rôle des vers de terre dans la formation et la convection de la structure des sols de la savane de Lamto* (Côte d'Ivoire). Ph.D. Thesis. University of Rennes I. 1990. 263 p.
- BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREA, G. F.; BORGES, E. V. S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em latossolo vermelho-escuro textura média. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1663-1667, 1999.
- BROWN JÚNIOR, K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. (Org.). *Indicadores ambientais*. Sorocaba: PUC-SP, 1997. p. 143-155.
- BRUSSAARD, L. Soil fauna, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 9, n. 1-3, p. 123-135, 1998.
- CASTRO, O. M.; CAMARGO, O. A.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F., CANTARELLA, H. *Caracterização química e física de dois latossolos em plantio direto e convencional*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. (Boletim Científico, 11).
- CORREA, A. P.; GODOY, H.; BERNARDES, L. *Características climáticas de Londrina*. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1982. (Circular do IAPAR, 5).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 8, p. 253-263, 1986.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro- RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSo, 1979.
- FREGONEZI, G. A. F.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C. Modificações morfológicas e físicas de um latossolo argiloso sob pastagens. *Revista Brasileira de Ciências do Solos*, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1017-1027, 2001.
- FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P. Metodologia de pesquisa em manejo do solo: estrutura, porosidade do solo. In: PUIGNAU, J. P. (Ed.). *Metodologia para investigación en manejo de suelos*. Montevideo: IICA/PROCISUR, 1994. p. 25-39.
- GASSEN, D.; GASSEN, F. *Plantio direto o caminho do futuro*. Passo Fundo, RS: Aldeia Sul, 1996. 207p.
- JORGE, J. A.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Condições físicas de um latossolo vermelho-escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciências do Solos*, Viçosa, v. 15, p. 237-240, 1991.
- KAY, B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.*, v.12, p. 1-41, 1990.
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 1, p. 253-267, 1981.
- LAL, R. Soil conservation and biodiversity. In: HAWKSWORTH, D. L. (Ed.) *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*. London: CAB International, 1991. p. 89-104.
- LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International*, Paris, v. 33, n. 1, p. 3-16, 1996.
- _____. Fauna activities and soil process: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, London, v. 27, p. 93-132, 1997.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas: SBCS/SNLCS, 1984.
- MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob 2 sistemas de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 369-374, 1991.
- OADES, J. M.; WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 29, n. 6, p. 815-828, 1991.
- OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma: An International Journal of Soil Science*, Amsterdam, v. 56, n. 1-4, p. 377-400, 1993.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e físico-hídrica

de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

ROTH, C. H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um latossolo roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 241-248, 1991.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 311-317, 1998.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. *Decomposition in terrestrial ecosystems: studies in ecology*. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. v. 5.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 393-399, 1999.

VAN LIER, Q. J.; TREIN, C. R. Influência do manejo agrícola sobre algumas características físicas de um latossolo roxo na região das Missões (RS). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. *Anais... Águas de Lindóia*: SBSCS, 1996. p.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do Solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Eds.). *Atualização em plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 163-179.

