



ATRIBUTOS FÍSICOS E CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM SISTEMAS FORRAGEIROS EM CULTIVO SINGULAR OU EM CONSÓRCIO

Paulo Eugênio Schaefer¹, Rodrigo Pizzani², Thomé Lovato², Rodrigo Luiz Ludwig¹; Rafael Ziani Goulart³

1. Graduandos em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (paulo.cheva@yahoo.com.br)
2. Professores Doutores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria
3. Pós-Graduando em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria. Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

A estrutura física do solo é considerada um dos atributos mais importantes sob o ponto de vista agrícola, sendo relevante nos processos de troca entre o solo e a planta, influenciada pela cobertura vegetal, atividade biológica e práticas de manejo agrícola. O objetivo deste trabalho foi quantificar algumas características físicas e o estoque de carbono orgânico do solo na Depressão Central do Rio Grande do Sul após quatro anos da instalação de diferentes sistemas forrageiros em um Argissolo Vermelho, em duas profundidades, nos sistemas: amendoim forrageiro, Tifton-85 e seu consórcio. Coletaram-se no mês de outubro de 2007, 2008, 2009 e 2010, as amostras para determinar carbono orgânico total (COT), densidade (DS), microporosidade (MIP) e macroporosidade (MAP) do solo nas camadas de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m. Os sistemas forrageiros influenciam na densidade, micro e macroporosidade do solo, e a inclusão de leguminosas nestes sistemas contribui para um aumento nos estoques de COT.

PALAVRAS-CHAVE: Amendoim forrageiro; matéria orgânica; pastagens; Tifton 85.

PHYSICAL ATTRIBUTES AND TOTAL ORGANIC CARBON IN SOIL IN FORAGE SYSTEMS IN MIXED OR SINGLE CULTIVATION

ABSTRACT

The soil physical structure is considered one of the most important attributes from an agricultural point of view of, being important in the exchange processes between soil and plant, and it is influenced by vegetation, biological activity and agricultural practices. The aim of this study was to quantify some physical characteristics total organic carbon (COT) stocked in soil in the Central Depression of Rio Grande do Sul four years after different pasture systems had been installed on a Ultisol, in two different depths in the: *Arachis pintoi*, *Cynodon dactylon* cv. Tifton-85 and as well as the consortium of both systems. Samples for determining COT, density (DS), microporosity (MIP) and macroporosity (MAP) were collected on October 2007, 2008,

2009 and 2010, in soil layers 0.0-0.05 m 0.05-0.10 m deep. The results show that forage systems influence physical properties of soil and the presence of legumes in pasture systems increases the stock of COT.

KEYWORDS: *Arachis pintoii*, organic matter, pastures, *Cynodon dactylon* cv.

INTRODUÇÃO

O pisoteio intenso de animais causa compactação, ocasionando severa redução na macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água nas camadas mais superficiais do solo (BERTOL et al., 1998).

Segundo SILVA et al. (2000) a utilização de sistemas que envolvam pastejo animal pode acarretar mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento radicular das culturas. No entanto, em diferentes regiões do mundo, existe um consenso de que períodos de utilização com pastagens perenes, gramíneas e ou leguminosas, condicionam melhorias na qualidade do solo e na produtividade de lavouras subsequentes (GARCÍA-PRÉCHAC et al., 2004). A estabilidade de agregados, a macroporosidade e a condutividade hidráulica podem aumentar rapidamente com a inclusão de pastagens na rotação com culturas devido à combinação de três efeitos: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular, que atua como agente agregante, e maior atividade da macrofauna do solo em pastagens (MARCHÃO, 2007).

Os sistemas de manejo que usam o preparo do solo para a produção vegetal constituem-se no principal fator de perdas de carbono orgânico do solo (COS) (BRUCE et al., 1999). Em solos submetidos a plantio direto como as pastagens perenes em sistemas específicos aumentarem os teores de C orgânico, contribuindo para o sequestro do C atmosférico, ao contrário dos sistemas convencionais, com revolvimento sistemático do solo, que tendem a atuar em sentido oposto (CORAZZA et al., 1999).

Mas sistemas que adotam o pastejo contínuo e intenso da forragem, que poderia servir de cobertura para solo, pode expor o mesmo à degradação e reduzir seu estoque de carbono orgânico total (COT) (NICOLOSO et al., 2008). Segundo DORAN & PARKIN (1994) e CONCEIÇÃO et al. (2005) o COT pode ser utilizado como indicador do efeito de sistemas de manejo na qualidade do solo.

O estoque de matéria orgânica (MO) apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento (SILVA et al., 1994), decorrente do aumento das perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana. A MO desempenha papel importante na qualidade do solo para o crescimento das plantas. Os sistemas de manejo do solo e dos resíduos culturais influenciam os teores de MOS (DALAL e CHAN, 2001; FREIXO et al., 2002). Nos sistemas com mínimo revolvimento do solo, verifica-se aumento nos teores de MO (REEVES, 1997), com a concentração desta na superfície (FRANZLUEBBERS, 2002).

A compactação acarreta consequências negativas na qualidade física do solo para o crescimento das plantas, em virtude das modificações deletérias na disponibilidade de água no solo às plantas, na capacidade de difusão gasosa do solo e na resistência do solo à penetração das raízes (BOONE et al., 1986).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar, em um Argissolo Vermelho, parâmetros de qualidade física e estoque do COT no solo, quatro anos após a instalação de diferentes sistemas forrageiros.

METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido em uma área experimental no município da Mata (Longitude: 54° 27' 29", Latitude: 29° 34' 07" e altitude 103 m), depressão central do Rio Grande do Sul, no rebordo Sul do Planalto Central Brasileiro. O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (SIBCS, 2006), com relevo suavemente ondulado e textura arenosa (557 g kg⁻¹ de areia total). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical (NIMER, 1989). A temperatura média normal do mês mais quente ocorre em janeiro (24,6 °C) e a do mês mais frio em junho (12,9 °C). As chuvas são distribuídas regularmente em todos os meses do ano, com precipitação pluvial anual oscilando entre 1.500 e 1.750 mm.

No momento da instalação do experimento foram realizadas coletas de solo nas camadas, 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, para determinação de atributos químicos, obtendo-se os seguintes resultados: 6,5; 5,7 e 5,0 pH-H₂O; 23,9; 9,0 e 4,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 101,6; 70,7 e 57 mg dm⁻³ de K ; 18; 15 e 13 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 5,6; 4,4; 3,0 cmol_c dm⁻³ de Ca⁺²; 4,9; 4,5; 2,9 cmol_c dm⁻³ de Mg⁺².

O experimento foi instalado em agosto 2006, obedecendo a delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições de cada tratamento, sendo utilizadas duas forrageiras perenes para compor as parcelas, uma leguminosa (*Arachis pintoii*) e uma gramínea (*Cynodon dactylon* (L.) Pers cv. Tifton 85), isoladas ou em consórcio.

Cada parcela possui dimensões de 8 x 5 metros correspondendo à uma área total de 40 m². No momento da implantação das forrageiras realizou-se uma adubação mineral composta por 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 90 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de adubo nitrogenado dividido em duas aplicações no desenvolvimento da cultura do Tifton 85.

Para períodos hibernais foi formada pastagem por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.), na proporção de 70 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹ e 20 kg ha⁻¹ de sementes viáveis respectivamente, sendo estas semeadas a lanço sem incorporação.

As coletas de solo foram realizadas no mês de outubro de 2007, 2008, 2009 e 2010 nas camadas de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m. Os teores de carbono orgânico foram realizados por oxidação da MO com dicromato de potássio e determinação por titulação com sulfato ferroso amoniacal. A metodologia utilizada foi TEDESCO et al. (1995).

O carbono acumulado em cada camada de solo estudada (estoque de carbono orgânico) foi calculado utilizando-se a expressão (FREIXO et al., 2002): EstC= COTotal* Ds* e/10. Em que: EstC = estoque de carbono orgânico na camada estudada (Mg ha⁻¹); COT = carbono orgânico total (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo da camada estudada (Mg m⁻³); e = espessura da camada estudada (m).

Para avaliação dos atributos físicos do solo, foram coletadas amostras indeformadas, em anéis metálicos, com dimensões médias de 2,95 cm de altura e 5,55 cm de diâmetro, nas profundidades de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA (1979).

Os dados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. Para realização das análises utilizou-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de carbono orgânico total (COT) nos diferentes sistemas forrageiros diferiu entre as áreas que recebeu leguminosa em relação à área que tinha gramínea singular, do ponto de vista estatístico, na primeira camada de amostragem para o ano de 2007 e 2010, mas não foi encontrada diferença estatística para as camadas subsequentes (Tabela 1). Para os períodos de 2008 e 2009 não houve diferença estatística para as camadas avaliadas.

Tabela 1. Valores médios do teor de carbono orgânico total (COT) e densidade do solo de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes sistemas forrageiros após quatro anos de implantação.

Sistemas forrageiros	Períodos de avaliação	Carbono orgânico total (COT) Mg ha ⁻¹		Densidade do solo Mg m ⁻³	
		Camadas amostradas (m)			
		0,0-0,05	0,05-0,10	0,0-0,05	0,05-0,10
Amendoim Forrageiro	2007	24,14a*	13,19 ^{ns}	1,46	1,53b
Tifton 85		15,08b	17,25	1,40	1,57a
Consortiados		18,05a	13,69	1,42	1,55ab
Amendoim Forrageiro	2008	24,06	18,37	1,45b	1,55
Tifton 85		20,77	19,25	1,53a	1,54
Consortiados		20,31	17,80	1,45b	1,53
Amendoim Forrageiro	2009	29,90	19,58	1,43b	1,54
Tifton 85		29,61	19,58	1,51a	1,54
Consortiados		27,45	18,67	1,40b	1,52
Amendoim Forrageiro	2010	32,89b	28,84	1,49ab	1,56
Tifton 85		32,02b	28,83	1,54a	1,54
Consortiados		36,81a	28,20	1,45b	1,56

*Letras minúsculas diferentes no período de avaliação, indicam diferença significativa para cada camada em cada sistema de manejo. ^{ns} = não significativos. Usou-se o teste de Tukey 5%.

O estoque de COT apresentou um incremento durante os períodos avaliados. O amendoim forrageiro com 24,14 Mg ha⁻¹ de C para o ano de 2007 e 32,89 Mg ha⁻¹ de C para o ano de 2010 na camada superficial, havendo um aumento de 8,75 Mg ha⁻¹ de C no estoque de C em quatro anos, o que representa um incremento médio anual de 2,19 Mg ha⁻¹, que é considerado alto.

Para área de Tifton 85, O estoque de COT apresentou um incremento durante os períodos avaliados, com 15,08 Mg ha⁻¹ de C para o ano de 2007 e 32,02 Mg ha⁻¹ de C para o ano de 2010 na camada superficial, havendo um aumento de 16,94 Mg ha⁻¹ de C no estoque de C em quatro anos, o que representa um incremento médio anual de 4,23 Mg ha⁻¹. Na área de consórcio o incremento médio foi de 18,76 Mg ha⁻¹. o que representa uma média anual de 4,69 Mg ha⁻¹.

O aumento no estoque de COT na área de Tifton 85 era esperado, uma vez que houve aplicação de N na pastagem de verão e no período de inverno, pela falta de revolvimento do solo e inserção de animais nas áreas pastejadas. Segundo Sá (2001), aportes de C na ordem de 0,81 Mg ha ano⁻¹, na camada de 0–20 cm de um Latossolo argiloso sob plantio direto, com plantas de cobertura no inverno e de soja

e milho no verão, fazem com que esse solo seja classificado como de grande potencial de sequestrar C atmosférico. Os sistemas forrageiros, objeto deste estudo, pode ter potencial ainda maior, no sentido de auxiliar no aumento da matéria orgânica do solo com conseqüente redução dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera.

A densidade do solo variou de 1,40 a 1,54 Mg m⁻³, com efeito dos sistemas forrageiros só na profundidade de 0,0-0,05 m, exceto no ano de 2007 (Tabela 1). Nesta profundidade, a maior densidade do solo foi verificada na área de Tifton 85, possivelmente por efeito das pressões aplicadas pelo pisoteio animal, modificando o arranjo das partículas do solo, já que o mesmo apresenta poucos estolões protegendo o solo em comparação ao amendoim forrageiro.

A densidade do solo foi influenciada pelos sistemas forrageiros na camada 0,05-0,10 m, durante o primeiro ano de estudo, o que não se repetiu para os outros anos avaliados. Os dados de Ds encontrados durante os quatro anos de experimento estão abaixo dos considerados críticos para solo arenoso, que são de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³, estabelecido por REICHERT et al. (2003).

A porosidade total, microporosidade e a macroporosidade do solo não foi, significativamente, alterada pelos sistemas de manejo das pastagens na camada de 0,0-0,05 m, para os anos de 2007 e 2008. Contudo, a macroporosidade sofreu influência do pisoteio bovino na camada 0,05-0,10 m, o que não ocorreu nos outros atributos físicos do solo durante estes anos referidos (Tabela 2). Segundo TAYLOR & ASHCROFT (1972), os macroporos devem ser superiores a 0,10 m³ m⁻³ para permitir as trocas gasosas e o crescimento de raízes da maioria das culturas. Os valores de macroporosidade das duas primeiras camadas avaliadas estão bem aquém do valor proposto por estes autores, o que pode levar a problemas de desenvolvimento das culturas.

Tabela 2. Valores médios de porosidade total (Pt), macro (MAP) e microporosidade (MIP) em duas camadas de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes sistemas forrageiros por um período de quatro anos.

Período de avaliação		Sistemas forrageiros					
		AF	TI	AF+TI	AF	TI	AF+TI
		Camada amostrada 0,0-0,05 m			Camada amostrada 0,05-0,10 m		
		----- (m ³ m ⁻³) -----					
2007	Pt	0,43 ^{ns}	0,46	0,47	0,41	0,41	0,42
	MIP	0,37	0,40	0,40	0,35	0,36	0,37
	MAP	0,06	0,06	0,07	0,06a	0,05ab	0,05b
2008	Pt	0,42	0,39	0,41	0,37b	0,39ab	0,41a
	MIP	0,27	0,28	0,27	0,24b	0,28a	0,27ab
	MAP	0,15	0,11	0,14	0,12b	0,11b	0,14a
2009	Pt	0,43b	0,48a	0,47ab	0,36b	0,38b	0,42a
	MIP	0,23b	0,26a	0,25a	0,24c	0,26b	0,27a
	MAP	0,20	0,22	0,22	0,12b	0,12b	0,15a
2010	Pt	0,37b	0,41a	0,41a	0,36	0,37	0,37
	MIP	0,27	0,29	0,29	0,27	0,28	0,28
	MAP	0,10b	0,12a	0,12a	0,08	0,09	0,09

AF: Amendoim forrageiro, TI: Tifton 85, AF+TI: consorciadas. Médias seguidas de letras minúsculas na linha e na profundidade não diferem entre si. ^{ns} = não significativos. Usou-se o teste de Tukey 5%.

Para o ano de 2009, houve diferença significativa para ambas às camadas amostradas para porosidade total e microporosidade, havendo uma variação de 0,36 a 0,48 m³ m⁻³ para Pt e 0,23 a 0,27 m³ m⁻³ para microporosidade. No mesmo ano a macroporosidade para camada 0,0-0,05 m, não apresentou diferença significativa, mas ficou bem além dos valores considerados críticos para bom desenvolvimento das plantas.

No ano subsequente, na primeira camada avaliada houve diferença estatística entre os sistemas forrageiros para Pt e MAP, sendo a menor Pt nas parcelas do amendoim forrageiro e não diferindo entre o Tifton 85 e o consórcio. Para a camada de 0,05-0,10 m, não houve diferença estatística entre os sistemas forrageiros para os atributos físicos avaliados.

Os resultados encontrados neste trabalho reforçam o entendimento de que, em sistemas forrageiros, deve-se ter cuidado especial no manejo do pastejo para que os atributos físicos e químicos do solo não sejam alterados para condição inferior de qualidade.

CONCLUSÕES

1 - Os sistemas forrageiros influenciam nos valores de carbono orgânico total do solo e na densidade do solo.

2 - A presença do amendoim forrageiro aumenta o estoque de COT no solo e contribui para redução na densidade do solo.

3 - O consórcio do amendoim forrageiro com o Tifton 85 apresentou o maior incremento médio anual de carbono orgânico no solo.

4 - Os sistemas forrageiros pouco influenciaram na porosidade total, micro e macroporosidade do solo.

REFERÊNCIAS

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO A.Z. & MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesq. Agropec. Bras.**, 33:779-786, 1998.

BOONE, F.R.; van der WERF, H.M.G.; KROESBERGEN, B.; HAAG, B.A. TEM & BOERS, A. The effect of compaction of arable layer in a sandy soils on the growth of maize for silage. I. Critical potentials in relation to soil aeration and mechanical impedance. **Neth. J. Agric. Res.**, 1986, 34:155-171.

BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.54, 1999, p.382-389.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos correlacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:777-788, 2005.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006, 382p.

DALAL, R.C. e CHAN, K.Y. Soil organic matter in rainfed cropping systems of the Australian cereal belt. **Austr. J. Soil Res.**, 2001, 39:435-464.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-22. (Publication, 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed Embrapa Solos, Rio de Janeiro 2006. 306p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, R.J). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil Till. Res.**, 2002, 66:95-106.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações orgânicas de um Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, 2002, 26:425-434.

GARCÍA-PRÉCHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G.; TERRA, J.A. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. **Soil & Tillage Research**, v.77, 2004, p.1-13.

MARCHÃO, R.L. **Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. 2007. 153p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2425-2433, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Tillage. Research.**, v.43, 1997, p.131-167.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

SÁ, J.C.M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 65, p.1486-1499, 2001.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **R. Bras. Ci. Solo**, v.18, 1994, p.541-547.

SILVA, V.R.; REINERT, D. & REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:191-199, 2000.

TAYLOR, S.A. & ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology: The physics of irrigated and nonirrigated soils**. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 532p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: epartamento de Solos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174 p. 1995. (Boletim Técnico, 5).