

Frações do carbono orgânico do solo sob diferentes usos da terra em áreas de agricultura familiar
Fractions of soil organic carbon under different land uses in family farming areas

MOURA-BUENO, J. M.¹; DALMOLIN, R. S. D.¹; MIGUEL, P.²

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), bueno.jean1@gmail.com; dalmolin@ufsm.br; ²Universidade Federal de Pelotas (UFPel), pablo.ufsm@gmail.com;

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso da terra e práticas de manejo na quantidade e qualidade do carbono orgânico do solo (COS) em áreas de agricultura familiar por meio do fracionamento do COS. Foram avaliados três usos (FS: floresta secundária; LA: lavoura de milho; e CA: capoeira), nas camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm. Foi quantificado o COS, o carbono orgânico particulado (COp), o carbono orgânico associado aos minerais (COam) e o carbono das frações oxidáveis (F1, F2, F3, F4 e F1/F4). Os maiores teores de COS e suas frações ocorreram na FS. Os usos LA e CA reduziram 57 e 67% o conteúdo de COS na camada de 0 – 10 cm e, 49 e 66% na camada 10 – 20 cm comparado com a FS. A F1 apresentou o maior teor na FS. Já na LA e CA, a F4 apresentou os maiores teores. O COp e COam apresentaram maiores teores na FS em ambas as camadas. Os valores da relação F1/F4 indicam que na área de FS predominam frações mais lábilis do COS, já nos usos LA e CA prevalecem formas mais recalcitrantes.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do solo; propriedades familiares; fracionamento do carbono orgânico.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of land use on the quantity and quality of soil organic carbon (SOC) in family farming areas through the SOC fractionation. Three different uses were evaluated (FS: secondary forest, LA: farming corn, CA: strate herbacee), in the layers 0 – 10 and 10 – 20 cm. SOC was quantified, particulate organic carbon (POC), organic carbon associated with minerals (OCAM) and oxidizable organic carbon fractions (F1, F2, F3, F4 and F1 / F4). The largest SOC concentration and its fractions occurred in the FS. The LA and CA uses reduced approximately 57 and 67% the COS content in the 0-10 cm layer and 49 and 66% in the 10-20 cm layer compared to the FS. F1 presented the highest content in FS. In the LA and CA, F4 presented the highest levels. COp and COam presented higher FS content in both layers. The values of the ratio F1/F4 indicates that the FS area, predominate more labile fractions of SOC, since in LA and CA uses prevail more recalcitrant.

KEYWORDS: Soil quality; family farms; fractionation of organic carbon.

Introdução

A crescente produção de alimentos em decorrência do aumento demográfico traz preocupação com as formas de uso da terra, qualidade do solo e produção agrícola sustentável. O conteúdo de carbono orgânico no solo (COS) está associado diretamente com a melhoria de propriedades físicas e químicas do solo, as quais conferem maior sustentabilidade aos sistemas agrícolas (REICHERT et al., 2003).

No Brasil, grande parte dos trabalhos dão ênfase para solos profundos e intemperizados (Latosolos e Argilosos, principalmente), em regiões de relevo suave ondulado, associados à agricultura em grande escala. No entanto, cerca de 60% dos alimentos consumidos pelos brasileiros é produzido por sistemas agrários familiares que ocupam apenas 24,3% da área agrícola do país (IBGE, 2006). A maioria desses sistemas utiliza a produção orgânica e agroecológica, na qual as práticas de manejo influenciam na qualidade do solo (AUDEH et al., 2011), principalmente no conteúdo de COS (LOSS et al., 2009; LOUREIRO et al., 2016; LOSS et al., 2010). No Estado do Rio Grande do Sul (RS), parte dessas propriedades rurais está assentada em áreas de relevo forte, ondulado a montanhoso, em que ocorrem solos pouco desenvolvidos e suscetíveis à degradação (SAMUEL-ROSA et al., 2011), sendo observada a ausência de sistemas de produção orgânica que propiciem o incremento de material orgânico no solo.

Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil e do mundo em solos profundos e de relevos favoráveis à agricultura têm mostrado que o uso da terra e práticas de manejo influenciam no conteúdo de COS e suas frações (CHAPLOT et al., 2009; MARTINS et al., 2009; BODDEY et al., 2010; GAZOLLA et al., 2015; SOUSA et al., 2015; BRANDANI et al., 2017). Esses trabalhos têm apontado uma redução do COS, com destaque para as frações de maior labilidade, quando áreas de vegetação nativa são convertidas em áreas agrícolas e/ou quando essas são manejadas de forma inadequada. Isso implica no aumento do grau de aromaticidade da matéria orgânica do solo (MOS), refletindo em alterações de algumas funções ambientais do solo, como armazenamento de água e nutrientes, ciclagem de nutrientes e complexação de elementos tóxicos. O fracionamento físico granulométrico (carbono orgânico particulado - COP; carbono orgânico associado aos minerais - COam) bem como o fracionamento químico por graus de oxidação do COS (frações F1, F2, F3 e F4), são técnicas eficientes em identificar alterações qualitativas e quantitativas no COS associadas às

diferentes formas de uso da terra e práticas de manejo (CHAN et al., 2001; BERNINI et al., 2009; SOUSA et al., 2015). As frações COP e F1 são as mais sensíveis a mudanças no uso da terra e práticas de manejo, dessa maneira podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do solo (CHAN et al., 2001; LOSS et al., 2014). Já as frações COam e F4, são mais recalcitrantes devido a sua associação com partículas de argila, microagregados e alto grau de humificação (SIX et al., 2000; CHAN et al., 2001), enquanto F2 e F3 são intermediárias.

São escassos os estudos que avaliam a influência do uso da terra e práticas de manejo nas frações do COS em áreas declivosas do sul no Brasil, nas quais ocorrem, predominantemente, Neossolos sob agricultura familiar com ausência de sistemas de produção conservacionistas. Há, também, carência de informações básicas que devem ser supridas para que a pesquisa avance e venha ao encontro de práticas agrícolas sustentáveis, com preceitos na agroecologia, para sistemas de produção presentes nessas áreas e que incentivem e melhorem a produção familiar das regiões ditas marginais. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito na quantidade e qualidade do carbono orgânico do solo (COS) do uso terra e práticas de manejo predominantes em áreas de agricultura familiar na região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul por meio do fracionamento do COS.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no município de Itaara (29°33'56"S; 53°49'47"W), localizado no Rebordo do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul. A topografia da área é complexa, com relevo que varia de forte ondulado a montanhoso. O clima é do tipo Cfa de Köppen – subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,4° C e precipitação pluvial média anual de 1.500 a 1.750 mm, bem distribuídas ao longo do ano. A vegetação natural da região é Floresta Estacional Decidual. A geologia é composta de rochas ígneas vulcânicas da Formação Serra Geral com predomínio de Basalto. Os solos da área são pouco desenvolvidos, predominando os Neossolos Regolíticos Eutróficos típicos (Entisols) (Tabela 1) (MENEZES, 2008). com a retirada de amostras semanais e secagem em estufa a 65 °C, por 48 h, seguida de secagem a 105 °C até massa constante. A umidade do material foi mantida no máximo a 55 dag kg⁻¹.

Os três usos da terra avaliados neste estudo ocorrem em grande parte das propriedades sob agricultura familiar da região do Rebordo do Planalto do Rio

Tabela 1. Caracterização física e química da classe de solo da área de estudo.

Hz.	Prof. em	Granulometria terra fina				Atributos químicos						
		AG	AF	Si	Ar	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{per}
		g kg ⁻¹				cmol _c kg ⁻¹						
A	0 - 15	18	274	549	159	6,5	9,2	5,6	1,0	0,1	2,8	18,8
Cr/A	14 - 44	21	276	517	186	6,3	10,3	4,9	0,7	0,2	3,1	19,2
Cr	44 - 90	18	294	500	188	6,4	9,4	5,6	0,7	0,1	2,4	18,4

Hz.: horizonte; Prof.: profundidade; AG: areia grossa; AF: areia fina; Si: silte; Ar: argila

Grande do Sul (SAMUEL-ROSA et al., 2011). A importância deste estudo se dá, principalmente, por poucos trabalhos científicos serem realizados nestas áreas, sendo a maior parte dos mesmos realizados em áreas com solos profundos onde predomina o monocultivo (em especial a cultura da soja). Os sistemas estudados poderão contribuir para o incentivo das práticas agroecológicas, em especial o manejo da matéria orgânica nestas áreas. Assim, os usos de terra avaliados foram: i) Floresta secundária (FS), composta por espécies de pequeno, médio e grande porte. As áreas de floresta secundária dessa região têm histórico de remoção da vegetação original para implantação de sistema de plantio convencional (SPC) no século XIX (SAMUEL-ROSA et al., 2011), em que se utilizava o fogo para fazer a limpeza da área antes de realizar o plantio, por isso, é comum a presença de carvão vegetal nessas áreas. As mesmas foram abandonadas há cerca de 50 anos, fazendo com que a vegetação se estabelecesse novamente; ii) Lavoura (LA): área com cultivos anuais (principalmente milho - *Zea mays*, aveia - *Avena strigosa*, azevém - *Lolium multiflorum*) há aproximadamente 20 anos e durante a amostragem, cultivada com milho (*Zea mays*) no SPC. Possui histórico de adubação e correção da acidez do solo através de calagem e manejo de pousio em pequenas parcelas associado à queimada dos restos culturais; iii) Capoeira (CA): formada há cerca de 10 anos, onde antes era utilizada como lavoura no sistema de plantio com revolvimento intensivo. É composta, predominantemente, por gramíneas e arbustos, sendo empregada a prática da queima da vegetação após a roçada. No período de estudo, a área era utilizada para pastoreio de bovinos desde o início de sua formação com, no mínimo, duas cabeças por ha.

Para coleta de amostras foram escolhidas áreas representativas de cada uso da terra em locais com Neossolos Regolíticos. Na área de FS e LA, a declividade média é de 65%, enquanto na CA é de 45%. Em cada uso da terra foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-10 cm e na profundidade de 10-20 cm com três repetições. Cada repetição foi

composta de três subamostras coletadas ao acaso dentro de uma área de 100 m², conforme sugestão de Bewket e Stroosnijder (2003).

Foi avaliado o conteúdo de carbono orgânico total do solo (COS), o conteúdo das frações físicas e químicas do COS. O teor de COS foi determinado via combustão úmida com aquecimento externo, segundo Yeomans e Bremner (1988). A determinação das frações físicas do COS seguiu a metodologia do fracionamento granulométrico (CAMBARDELLA e ELLIOTT, 1992). Para o procedimento, 20 g de solo foram dispersos com 10 mL de hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, seguido de agitação mecânica durante 15 horas. A seguir, todo material foi passado por peneira de 53 µm, sendo que o material retido foi denominado de carbono orgânico particulado (COp > 53 µm), seco em estufa a 50°C, quantificado em relação a sua massa, moído em almofariz e determinado o teor de COS total, segundo Yeomans e Bremner (1988). O material que passou pela peneira representa o carbono orgânico associado aos minerais (COam < 53 µm), obtido a partir da diferença entre COS total e COp. O fracionamento químico do COS por graus de oxidação seguiu a metodologia preconizada por Chan et al. (2001), com adaptações de Mendonça e Matos (2005). Foi realizado sem fonte externa de calor, utilizando 0,5 g de solo + 10 mL K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ em Erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se quantidades de H₂SO₄ nas concentrações de 3, 6, 9 e 12 mol L⁻¹. A titulação dos extratos foi realizada com Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O 0,5 mol L⁻¹. O fracionamento do COS resultou nas frações. F1, F2, F3 e F4, respectivamente.

A partir da obtenção das quatro frações, foi calculada a relação F1/F4, que identifica quais são as frações do COS presentes no solo, assim como o equilíbrio entre as frações oxidáveis do COS. Valores > 1 indicam predomínio de frações lábeis e < 1 indicam predomínio de frações recalitrantes. Além disso, foram calculadas as proporções das frações oxidáveis do COS em relação ao COS total. O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para testar a normalidade dos dados, verificando-se se os mesmos não apresentaram

distribuição normal. A partir dessa informação, optou-se por analisar os dados através de testes estatísticos não paramétricos. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste Kruskal-Wallis e as médias foram comparadas duas a duas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$). A fonte de variação foi o uso da terra em relação aos teores de COS e seus compartimentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

Resultados e Discussões

As concentrações de COS e suas frações decresceram em profundidade nos três usos da terra avaliados (Tabela 2), consequência do maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo. Na região sul do Brasil Boddey et al., (2010), em experimento de longa duração, mostram o efeito do maior aporte de carbono em camadas superficiais em virtude do acúmulo de resíduos sobre o solo.

A FS apresentou os maiores teores de COS, frações oxidáveis, frações físicas e relação F1/F4 comparado aos usos LA e CA nas duas camadas avaliadas (Tabela 2). Os usos LA e CA reduziram aproximadamente 57% e 67% do conteúdo de COS na camada de 0 – 10 cm e, 49% e 66% na camada 10 – 20 cm, comparado com a FS. As frações mais lábeis F1 e COp reduziram, respectivamente, cerca de 63% e 49% na LA e 66% e 65% na CA na camada 0 – 10 cm, comparado a FS. Na camada 10 – 20 cm a redução foi de 50% na F1 e 40% no COp no uso LA, enquanto no uso CA foi de 62% na F1 e 40% no COp. Já nas frações F4 e COam a redução foi respectivamente de 28 e 62% na LA e 62 e 64% na CA para a camada 0 – 10 cm. Por fim, na

camada 10 – 20 cm a redução foi de 40% na F4 e 41% no COam no uso LA, 47% na F4 e 68% no COam no uso CA em relação do uso FS.

No geral se observa que as maiores reduções de COS e suas frações ocorrem nas frações mais lábeis e no uso CA, indicando a influência do uso da terra nos compartimentos do COS e que ambientes que proporcionam maior acúmulo de resíduos vegetais e menores perturbações resultam em solos com maior conteúdo de COS. Outro fator agravante para redução do conteúdo de COS nessas áreas é a elevada declividade, que favorece as perdas de COS por erosão laminar em usos da terra com revolvimento do solo e com menor aporte de resíduos culturais (CHAPLOT et al., 2009). As maiores reduções de COS nas frações lábeis no uso CA podem estar associadas ao manejo inadequado dessa área, em que não são utilizadas práticas para o incremento de resíduos culturais e melhorias da fertilidade do solo, além de não haver controle sobre o tempo que os bovinos permanecem na área (MARTINS et al., 2009; SOUSA et al., 2015).

Os resultados de COS e suas frações no uso FS no presente estudo, com destaque para a fração F1, COp e a relação F1/F4, frente aos usos LA e CA, estão relacionados à associação de alguns fatores, tais como: o acúmulo de liteira no ambiente florestal (LOSS et al., 2010); proteção física da COS pelos agregados; ausência de revolvimento do solo, que condicionam maior aporte de material orgânico no solo; redução da temperatura superficial do solo; e, consequentemente, diminuição da taxa de mineralização do COS (SIX et al., 2000) e menores perdas por erosão (GREGORICH et al., 1998). Os maiores teores de COp na FS estão

Tabela 2. Carbono orgânico do solo (COS), frações oxidáveis e frações físicas do COS (média \pm erro padrão) nos diferentes usos da terra e camadas avaliadas.

Uso da terra	COS	F1	F2	F3	F4	COp	COam	F1/F4
g kg ⁻¹								
0 – 10 cm								
FS	77,51 ($\pm 0,2$) a	22,41 ($\pm 1,0$) a	18,57 ($\pm 1,7$) a	21,72 ($\pm 1,5$) a	14,80 a ($\pm 1,0$)	28,75 ($\pm 0,8$) a	48,76 ($\pm 0,7$) a	1,51 a
LA	33,22 ($\pm 0,1$) b	8,18 ($\pm 0,1$) b	6,56 ($\pm 0,4$) b	7,50 ($\pm 0,6$) b	10,64 b ($\pm 1,0$)	14,59 ($\pm 0,7$) b	18,30 ($\pm 0,8$) b	0,77 b
CA	25,81 ($\pm 0,3$) c	7,70 ($\pm 0,3$) b	5,85 ($\pm 0,1$) b	8,39 ($\pm 0,4$) b	10,92 b ($\pm 0,3$)	10,06 ($\pm 0,5$) c	17,36 ($\pm 0,6$) b	0,70 b
10 – 20 cm								
FS	59,52 ($\pm 0,4$) a	12,88 ($\pm 0,5$) a	13,00 ($\pm 2,0$) a	15,63 ($\pm 0,7$) a	17,49 ($\pm 1,1$) a	15,48 ($\pm 0,1$) a	40,27 ($\pm 0,7$) a	1,00 a
LA	28,90 ($\pm 0,6$) b	6,48 ($\pm 0,5$) b	4,75 ($\pm 1,1$) b	6,30 ($\pm 0,6$) b	9,89 ($\pm 0,7$) b	9,31 ($\pm 0,5$) b	23,55 ($\pm 0,2$) b	0,49 b
CA	20,13 ($\pm 0,4$) c	4,87 ($\pm 0,1$) c	5,04 ($\pm 0,2$) b	5,05 ($\pm 0,5$) b	6,19 ($\pm 0,2$) b	8,18 ($\pm 0,1$) b	12,97 ($\pm 0,6$) c	0,48 b

FS - floresta secundária; LA - lavoura; CA - capoeira. COS - carbono orgânico total do solo. COp - carbono orgânico particulado; COam - carbono orgânico associado aos minerais; F1/F4 - Relação entre proporção de COS da F1 e F4; Valores na mesma coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).

relacionadas ao maior aporte de resíduos no solo e a rápida humificação destes, refletindo no aumento do COS, principalmente na fração COp. Esse mesmo comportamento foi observado em estudo de Brandani et al. (2017), que avaliou sistemas de manejo para a cana-de-açúcar e encontrou maior aporte de COS em sistemas orgânicos em comparação com sistemas queimados e não queimados

No presente estudo o conteúdo de COam foi maior que o COp nos três usos da terra avaliados. Esses dados diferem dos trabalhos encontrados na literatura (CHAN et al., 2001; BERNINI et al., 2009; LOSS et al., 2014; GAZOLLA et al., 2015). Uma explicação para isso pode estar associada a elevada declividade do terreno (65%) e presença de solos de textura siltosa, uma vez que o COp é a fração mais sensível a perdas por escoamento superficial (SIX et al., 2000). Já os valores da relação F1/F4 (Tabela 2), indicam que na área de FS na camada 0 – 10 cm a fração lábel (F1) é aproximadamente 1,5 vezes maior que a fração recalcitrante (F4). Já na camada 10 – 20 cm os teores das frações F1 e F4 são próximos (Tabela 2), indicando um equilíbrio entre as frações. O maior conteúdo de COS na F1 esta relacionado ao maior aporte de resíduos orgânicos da superfície do solo (LOSS et al., 2009; LOSS et al., 2010). Cabe ressaltar a importância da F4 na preservação do COS em solos siltosos como é o caso dos solos da área de estudo (Tabela 1), em que o efeito da proteção física dos compartimentos de COS é menor comparado a solos argilosos (SIX et al., 2000).

Os usos LA e CA apresentaram diferença apenas na fração COp na camada de 0 – 10 cm e nas frações F1 e COam na camada de 10 – 20 cm (Tabela 2). Nesses mesmos usos, a fração oxidável F4 apresentou os maiores valores, seguida das frações F3, F1 e F2, respectivamente, refletindo em baixos valores da relação F1/F4, indicando que predominam as frações de COS mais recalcitrantes no solo. Esses resultados estão associados ao histórico de uso do solo e práticas de manejo adotadas nessas áreas, que culminaram em baixo incremento de material orgânico, no qual o revolvimento intensivo do solo proporcionou desagregação, reduzindo o efeito da proteção física dos compartimentos do COS, refletindo na maior decomposição microbiana das frações lábeis (BLAIR et al., 1995; LOSS et al., 2014). A agregação e textura do solo influenciam nos conteúdos das frações do COp e COam, em que a proteção física dessas frações é menor em solos desagregados e com textura siltosa comparado a solos com boa agregação e argilosos (SIX et al., 2000). No presente estudo, o manejo de

revolvimento intensivo do solo e textura siltosa contribui para redução da proteção física do COp e COam, refletindo no menor conteúdo dessas frações nos usos LA e CA.

Estudo de Rumpel et al. (2006) mostrou que maiores teores de frações mais estáveis do COS são observados em encostas mais íngremes, em que compostos estáveis oriundos da queima de vegetação, podem ser preferencialmente acumulados no solo. Isso se deve a esses compostos apresentarem maior peso molecular e maior área superficial específica, favorecendo ligação com os colóides do solo. Já as formas mais lábeis são mais suscetíveis ao processo erosivo (GREGORICH et al., 1998) e, conseqüentemente, são carregadas pelo escoamento superficial e depositadas em cotas mais baixas do terreno. No presente estudo, esse fenômeno pode estar ocorrendo nas áreas de LA e CA. A declividade acentuada, solo de textura siltosa e uso do fogo como prática de manejo, podem estar favorecendo a perda de compostos lábeis e a formação e acúmulo de compostos de mais recalcitrantes. Essa hipótese pode ser confirmada pelos maiores teores das frações mais recalcitrantes do carbono (F4) (Tabela 2 e Figura 1) e menores valores do índice F1/F4, indicando que a maior parte do C nas áreas de LA e CA está nas formas mais estáveis. Na mesma área de estudo, Menezes (2008), avaliando substâncias húmicas, encontrou valores altos para o índice de humificação (FS – 96,2; LA – 92,3; CA – 88,5), indicando que a maior parte da COS encontra-se entre as frações mais humificadas.

A proporção de cada fração oxidável (F1, F2, F3 e F4) em relação ao COS é apresentada na Figura 1. O uso FS na camada 0 – 10 cm apresentou maior proporção nas frações F1 e F3 e na camada 10 – 20 cm a F3 teve maior proporção comparado aos usos LA e CA. A análise visual dos boxplots do uso FS mostra um equilíbrio entre as proporções das frações oxidáveis do COS. A proporção da fração F4 apresentou os maiores valores em relação às demais frações nos usos LA e CA. Estudo de Loss et al. (2014) mostrou que sistemas com baixo incremento de COS e com revolvimento frequente do solo desfavorece o equilíbrio das frações F1 e F4.

Em virtude do período de aproximadamente 10 anos sem uso com lavoura da área de CA, esperava-se que a CA apresentasse maiores valores de COS e suas frações em relação a LA. Isto pode estar relacionado ao uso intenso por vários anos de revolvimento do solo e queima dos restos culturais quando o uso CA era utilizado com lavoura, em que promoveu a redução

drástica do COS, com destaque para as frações mais lábeis (COp, F1), em função do rompimento de macroagregados e exposição do material orgânico de baixo peso molecular para decomposição microbiana e perdas por erosão (GREGORICH et al., 1998; SIX et al., 2000; FIGUEIREDO et al., 2010).

Além disso, a vegetação na CA é espontânea, em fase inicial de desenvolvimento, na qual a comunidade de plantas atua, principalmente, no acúmulo de matéria seca, contribuindo pouco com resíduos orgânicos para o solo. O baixo incremento de COS é confirmado pelos baixos teores de COp, na camada de 0 - 10 cm, e da fração F1, na camada 10 - 20 cm, na CA em relação a LA (Tabela 1). Pode-se dizer que o COS remanescente nessa área é oriundo das formas mais estáveis do C herdadas da vegetação primária (floresta nativa primária) (BERNOUX et al., 1999).

Na LA, o uso recente (14 anos) e utilização de pousio em pequenas parcelas, pode estar contribuindo para preservação e/ou aporte de material orgânico de maior labilidade, por exemplo, o teor da fração COp na camada de 0 - 10 cm e valor da relação F1/F4 (Tabela 2), que diferiram em relação ao uso CA

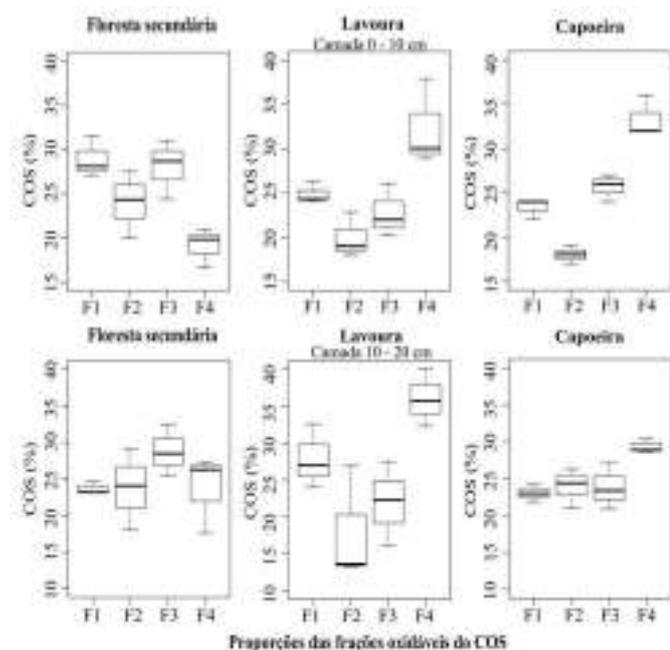


Figura 1. Boxplots das proporções das frações oxidáveis (F1, F2, F3 e F4) em relação ao carbono orgânico do solo (COS) nos três usos da terra e camadas avaliadas.

Esses resultados encontrados no presente estudo indicam que é necessário o uso de práticas conservacionistas, com redução do revolvimento do solo e que favoreçam o incremento de COS como, por exemplo, sistemas agroecológicos, sistemas agrossilvopastoris e de produção orgânica que têm

mostrado bons resultados de incrementos de COS e melhorias da qualidade do solo (MARTINS et al., 2009; LOSS et al., 2009; LOSS et al., 2010; LOUREIRO et al., 2016). Em razão das UPFs da região sul do Brasil estarem assentadas em áreas de encosta com predomínio de solos frágeis, é necessário mais estudo nessas áreas abordando os efeitos de diferentes usos da terra e práticas de manejo nos compartimentos do COS, uma vez que, o COS é um indicativo de qualidade do solo, o que o torna um dos principais responsáveis pela sustentabilidade dos sistemas agrícolas e florestais (MIELNICZUK et al., 2003).

Conclusões

O uso da terra e as práticas de manejo para as condições estudadas alteraram o conteúdo e qualidade do COS, sendo verificada a predominância de frações mais estáveis do COS nos usos de terra LA e CA e lábeis na FS.

Nos usos LA e CA foram observadas reduções de 57% e 67% no conteúdo de COS na camada de 0 - 10 cm e, 49% e 66% na camada 10 - 20 cm comparado com a FS, mostrando o baixo incremento de COS proporcionado por esses usos da terra.

Depois de 10 anos de pousio de uma área anteriormente cultivada em sistemas convencionais intensivos não ocorreu aumento significativo nos teores das frações lábeis do COS, alertando para a necessidade de substituição das práticas de manejo adotadas por práticas agroecológicas que propiciem a recuperação e manutenção do conteúdo de COS nesses sistemas de produção familiar.

É necessário à implementação de práticas agrícolas sustentáveis, em especial aquelas baseadas nos preceitos de agroecologia nas unidades de produção familiar que ocorrem em áreas de encosta, onde predominam solos frágeis, para proporcionar a conservação e incremento de COS, visando à preservação e melhoria na qualidade desses ambientes.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa e suporte financeiro e concessão da bolsa PQ ao segundo autor.

Referências Bibliográficas

AUDEH, S. J. S. et al. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.3, p.34-48, 2011.

- BERNINI, T. A. et al. Frações granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica do solo em sucessão floresta - pastagem no Acre. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p. 4334-4338, 2009.
- BERNOUX, M. et al. Soil carbon and nitrogen of a pasture-forest chronosequence in Paragominas, Pará, Brazil. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1-11, 1999.
- BEWKET, W.; STROOSNIJDERB, L. Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. **Geoderma**, Amsterdam, v.111, n.1, p.85-98, 2003.
- BLAIR, G. J. et al. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46, n.7, p.1459-1466, 1995.
- BODDEY, R. M. et al. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v.16, n.2, p.784-795, 2010.
- BRANDANI, C. B. et al. Soil organic and organomineral fractions as indicators of the effects of land management in conventional and organic sugar cane systems. **Soil Research**, v.55, n.2, p.145-161, 2017.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organicmatter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, n.3, p.777-783, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário** – Agricultura Familiar: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 267p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf> Acesso em: 20 jul. 2015.
- CHAPLOT, V. et al. Soil Erosion Impact on Soil Organic Carbon Spatial Variability on Steep Tropical Slopes. **Soil Science Society of America Journal**, v.73, n.3, p.769-779, 2009.
- CHAN, K. Y. et al. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture ley. **Soil Science**, v. 166, n.1, p. 61-67, 2001.
- FIGUEIREDO, C. C. et al. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, p.907-916, 2010.
- GREGORICH, E. G. et al. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. **Soil and Tillage Research**, v. 47, n.3, p. 291-302, 1998.
- GAZOLLA, P. R. et al. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 6, n.2, p.693-704, 2015.
- LOSS, A. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistema de aleias. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, n.4, p. 867-874, 2009.
- LOSS, A. et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.1, p. 57-64, 2010.
- LOSS, A. et al. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.43-54, 2014.
- LOUREIRO, D. C. et al. Influência do uso do solo sobre a conservação de carbono na biomassa em sistemas orgânicos de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, n.1, p.1-10, 2016.
- MARTINS, E. DE L. et al. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVA d sob diferentes agrossistemas. **Acta Amazonica**, v.39, n.3, p.655-660, 2009.
- MBAH, C. N.; IDIKE, F. I. Carbon Storage in Tropical Agricultural Soils of South Eastern Nigeria under different Management Practices. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v.1, n.2, p.53-57, 2011.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. 1. ed. Ponte Nova. 2005. 109 p.
- MENEZES, F. P. **Substâncias húmicas em solos de diferentes feições geomorfológicas no rebordo do planalto do Rio Grande do Sul**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.
- MIELNICZUK, J. et al. 2003. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. (Ed) **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais, 2003. p. 209-248.
- REICHERT, J. M. et al. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, n. , p. 29-48, 2003.
- RUMPEL, C. et al. Black carbon contribution to soil organic matter composition in tropical sloping land under slash and burn agriculture. **Geoderma**, v.130, n.1, p.35-46, 2006.
- R CORE TEAM, 2016. R: **A language and**

- environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 out. 2016.
- SAMUEL-ROSA, A. et al. Uso da terra no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v.33, n.1, p.161-173, 2011.
- SOUSA, R. F. et al. Soil organic matter fractions in preserved and disturbed wetlands of the Cerrado Biome. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.39, n.1, p.222-231, 2015.
- SIX, J. et al. Soil Structure and Organic Matter: I. Distribution of Aggregate-Size Classes and Aggregate-Associated Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, n.2, p.681-689, 2000.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method or routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.