

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRAÇÕES DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM LATOSSOLO SOB DIFERENTES
SISTEMAS DE USO**

SIMONE CÂNDIDO ENSINAS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2012**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRAÇÕES DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM LATOSSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS
DE USO**

SIMONE CÂNDIDO ENSINAS
Engenheira Agrônoma

Orientadora: PROF^a. DR^a. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia –
Produção Vegetal, para obtenção do
título de Mestre.**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

631.47
E59a Ensinas, Simone Cândido.
 Atributos químicos e frações da matéria orgânica em
 Latossolo sob diferentes sistemas de uso / Simone Cândido
 Ensinas. – Dourados, MS : UFGD, 2012.
 49 f.

 Orientadora: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti.
 Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
 Federal da Grande Dourados.

 1. Solo – Manejo. 2. Solo – Dourados. 3. Latossolo. 4.
 Matéria orgânica. I. Título.

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FRAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM
LATOSSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO**

por

Simone Cândido Ensinas

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM AGRONOMIA**

Aprovada em: 16/02/2012



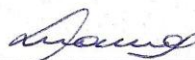
Profª Drª. Marlene Estevão Marchetti
UFGD/FCA



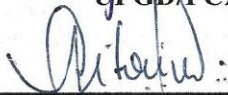
Profª Drª. Eulene Francisco da Silva
UFERSA/DCAT



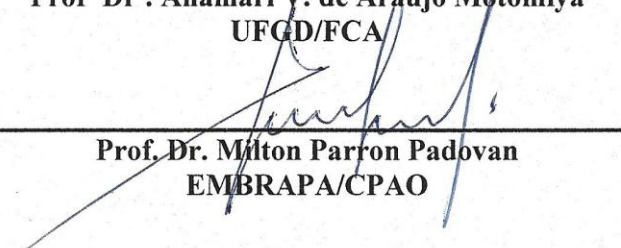
Profª Drª. Alessandra Mayumi Tokura Alovise
UFGD/FCA



Profª Drª. Anamari V. de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino
UFGD/FCA



Prof. Dr. Milton Parron Padovan
EMBRAPA/CPAO

A Deus

Aos meus pais Edson e Fátima

Ao meu irmão Bruno

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, que guia a minha vida, me proporcionando saúde, alegria, paciência e muita força.

Aos meus pais Edson Ensinas e Fátima Aparecida Cândido Ensinas por todo amor, compreensão, dedicação, confiança e por terem acreditado em mim durante todos esses anos.

Ao meu irmão Bruno Cândido Ensinas, que apesar das discussões normais da vida, sempre esteve ao meu lado.

Ao meu namorado Moacyr Toshimitsu Maekawa Júnior pelo amor, compreensão e paciência durante este período.

À Prof^a. Dr^a. Marlene Estevão Marchetti pelo incentivo, amizade e orientação durante a execução desta pesquisa.

À Prof^a. Dr^a. Eulene Francisco da Silva pelos conselhos, paciência, amizade, orientação e incentivo durante esses anos de convívio.

Aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi, Prof^a. Dr^a. Anamari Viegas de Araújo Motomiya, Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino e Prof. Dr. Milton Parron Padovan.

Aos meus amigos do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFGD, em especial à Kamila Mônaco Almeida, Aline Borelli Baptista e Douglas Costa Potrich.

Aos alunos da graduação em Agronomia da UFGD, que voluntariamente auxiliaram na execução desta pesquisa: Matheus Andrade Martinez, Vanessa do Amaral Conrad, Henrique Soares de Moraes e Antonio Luiz Neto Neto.

Aos técnicos do Laboratório de Fertilidade do Solo da UFGD pelo auxílio e paciência durante a realização das análises.

À Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade concedida e incentivo à formação de novos profissionais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Aos produtores rurais do distrito de Panambi, Dourados-MS, pela disponibilização da área experimental.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	ix
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	xii
CAPÍTULO I – ATRIBUTOS QUÍMICOS, CARBONO E NITROGÊNIO TOTAL EM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUÇÃO	3
MATERIAL E MÉTODOS	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO II – CARBONO E NITROGÊNIO EM FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO	28
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

RESUMO

ENSINAS, SIMONE CÂNDIDO. Universidade Federal da Grande Dourados, fevereiro de 2012. **Atributos químicos e frações da matéria orgânica do solo em Latossolo sob diferentes sistemas de uso.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadora: Eulene Francisco da Silva.

A matéria orgânica do solo (MOS) determina os principais atributos que definem a qualidade do solo, sendo diretamente influenciada pelas práticas de manejo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as mudanças nos atributos químicos, no carbono orgânico e nitrogênio total e nas frações da matéria orgânica em Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso. A pesquisa foi realizada em áreas de lavouras comerciais localizadas no município de Dourados-MS, onde foram coletadas amostras de solo em dois anos (2010 e 2011), nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os sistemas de uso do solo avaliados foram o plantio direto (PD), plantio convencional (PC), sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), pastagem (PAST) e o eucalipto (EUC), tendo como referência a vegetação nativa (VN). Foram determinados o carbono e nitrogênio total, os teores de pH em CaCl_2 , Al^{+3} , H+Al , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P , o carbono e nitrogênio lábil, índice de manejo de carbono e o carbono e nitrogênio das substâncias húmicas. As áreas sob VN tiveram maiores estoques de COT do que os demais sistemas de uso, especialmente na camada superficial (0-10 cm). Todavia, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo, como o PD e o SIAP, promoveram recuperação nos estoques de COT. Em 2011, o SIAP foi o que mais contribuiu para esse aumento com 21,3 e 18,2% em relação ao PC e a PAST, respectivamente, enquanto que no PD esse aumento foi de 9,5 e 5,6% em relação ao PC e a PAST, respectivamente. Todavia, o SIAP e o PD não diferiram do EUC. Com relação aos estoques de nitrogênio total (NT), o SIAP, PD e PC proporcionaram os maiores estoques na camada de 20-30 cm. No que se refere aos atributos químicos do solo, o menor pH em CaCl_2 , maior acidez potencial e maiores teores de alumínio foram constatados na VN. Os teores de cálcio foram mais elevados no PD e PC. Os estoques de carbono lábil (CL) e nitrogênio lábil (NL) não foram influenciados significativamente pelo ano de coleta das amostradas de solo, sendo que na comparação entre os sistemas de uso do solo, os maiores estoques de CL em ambos os anos avaliados, na camada de 0-10 cm foram observados no SIAP, PD e EUC quando comparados ao PC e a PAST. Todavia o SIAP, PD e EUC não diferiram da VN quanto ao estoque de CL. No estudo das frações húmicas, houve redução de carbono na fração húmica (C-HUM) e na fração de ácido húmico (C-AH) com a adoção do PC. Na avaliação do índice de manejo de carbono (IMC) verificou-se efeito significativo do ano de amostragem apenas na camada de 0-10 cm, com redução na segunda coleta de solo no PC. Com relação aos sistemas de uso do solo, o SIAP e o PD proporcionaram índices de manejo de carbono no solo superiores aos da vegetação nativa, evidenciando o potencial conservacionista destes sistemas. O uso de sistemas de cultivo tanto conservacionistas quanto com revolvimento do solo proporcionam redução da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio do solo, além de elevarem os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo na solução do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, índice de manejo de carbono, plantio direto e sistema de integração agricultura-pecuária.

ABSTRACT

ENSINAS, SIMONE CÂNDIDO. Universidade Federal da Grande Dourados, february de 2012. **Chemical attributes and organic matter fractions in oxisol under different systems of use.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadora: Eulene Francisco da Silva.

The soil organic matter (SOM) determines the key attributes that define the quality of the soil, being directly influenced by management practices. Thus, the aim of this work was to evaluate the changes in chemical attributes, organic carbon and nitrogen and organic matter fractions in oxissol submitted to diferente use systems. The survey was conducted in commercial crop areas located in Dourados-MS, where soil samples were collected in two years (2010 and 2011), at the depth of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The management systems evaluated were: no-tillage (NT), conventional tillage (CT), integrated crop-livestock systems (SIAP), pasture (PAST) and eucalyptus (EUC), having like a reference the native vegetation (NV). It was determined carbon and total nitrogen and also the contents of pH in CaCl_2 , Al^{+3} , $\text{H}+\text{Al}$, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ and P, carbon and nitrogen labile, carbon management index and the carbon and nitrogen of humic substances. In soil under NV had higher TOC stocks than other systems use, especially in 0-10 cm depth. However, the adoption of conservation tillage systems, such as NT and ICL, resulted the recovery of TOC, indicating that in the medium to long term, plant biomass aborted the cultures associated with the management may increase levels of soil organic matter. In 2011, the ICL was the largest contributor to this increase with 21.3 and 18.2% over the PAST and CT, respectively, while the NT was increased by 9.5 and 5.6% over the PAST and CT, respectively. However, the ICL and the NT did not differ from EUC. With respect to the stocks of total nitrogen (TN), the SIAP, NT and CT showed the largest stocks in the 20-30 cm layer. As regards to the chemical attributes soil, the lowest pH in CaCl_2 , higher acidity and higher concentrations of aluminum were found in NV. The contents of calcium were higher in NT and CT. The stocks of labile carbon (CL) and labile nitrogen (NL) were not significantly influenced by the year of the sample soil collection, whereas the comparison between the systems of soil use, the largest stocks of CL in both years evaluated, at the layer of 0-10 cm were observed in the SIAP, NT, and EUC when compared to the CT and PAST. However, the SIAP, NT, and EUC did not differ from the NV stock of CL. In the study of humic fractions, it had reduction of carbon in humin fraction (C-HUM) and in humic acid fraction (C-HA) with the adoption of the CT. In assessing the carbon management index (BMI) verified significant effect of the sampling year only at the layer of 0-10 cm, with reduction in the second collection of soil at CT. With respect to systems of soil use, the SIAP and NT provided higher carbon management index of the soil than the native vegetation, showing the conservationist potential of these systems. The use of cropping systems, both conservationists, as with soil tillage, promoted reduction of the active acidity, potential acidity and aluminum content, and increased contents of calcium, magnesium, potassium and phosphorus in the soil solution.

Key-words: soil organic matter, carbon management index, no-tillage and crop-livestock integration

INTRODUÇÃO GERAL

A matéria orgânica do solo (MOS) compreende os componentes vivos e não vivos. Os vivos são as raízes de plantas e os organismos do solo, constituindo aproximadamente 4% do carbono orgânico total. Os componentes não-vivos contribuem, em média, com 98% do carbono orgânico total, incluindo a matéria macrorrgânica, as substâncias humificadas e as não-humificadas (THENG et al., 1989).

A MOS é considerada um dos fatores-chave para a manutenção da qualidade do solo, pois, influencia nas suas características químicas, físicas e biológicas, e é fundamental para a fertilidade e produtividade vegetal (DORAN e PARKIN, 1994; LAL et al., 2005).

Neste contexto, nos últimos anos, os estudos envolvendo a MOS estão em foco, principalmente no bioma Cerrado onde os Latossolos representam 46% dos solos, com baixo conteúdo de MO, alta acidez e baixa fertilidade natural. (FERREIRA et al., 2007).

Em solos sob vegetação natural, os conteúdos de MOS encontram-se em equilíbrio (BORTOLON et al., 2009). Todavia, quando ocorre a alteração das áreas de Cerrado em sistemas de produção agrícola, o equilíbrio dinâmico é quebrado e, normalmente, as entradas de carbono são menores do que as saídas, o que conduz geralmente à redução da quantidade de MOS (CARDOSO et al., 2010; ALCÂNTARA NETO et al., 2011; COSTA JUNIOR et al., 2011).

A dinâmica do nitrogênio também é influenciada pela redução da quantidade da MOS, uma vez que, a maior parte do nitrogênio do solo se encontra na forma orgânica (mais 95%), sendo a MOS um importante reservatório de formas potencialmente disponíveis de nitrogênio para os vegetais (STEVENSON, 1994).

A perda de MOS, tem sido observada por diversos pesquisadores em sistema convencional de cultivo, onde se realizam operações com intenso revolvimento do solo (LOSS et al., 2011; STURMER et al., 2011). Neste sistema, a taxa de perda de carbono e nitrogênio, normalmente tem sido maior que a taxa de adição, devido a oxidação do carbono e a mineralização do nitrogênio, contribuindo

de forma mais acentuada para o aumento de emissão de gases e redução da fertilidade do solo (SILVA et al., 2010).

Estudos têm demonstrado que a adoção de sistemas de manejo conservacionistas como o plantio direto e o sistema de interação agricultura-pecuária tem proporcionado a manutenção ou até mesmo incrementos nos estoques de carbono e nitrogênio no solo. No sistema de plantio direto, revolvimento do solo somente na linha de plantio, a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam aumento da infiltração e do armazenamento de água no solo, diminuição da temperatura superficial, redução do impacto da gota de chuva, aumento da atividade microbiana e acúmulo superficial de nutrientes e de MOS (BAYER e MIELNICZUK, 1999).

As consequências desse processo refletem-se diretamente sobre os atributos químicos do solo, potencializando a redução futura do uso de corretivos e fertilizantes, além de proporcionar condições favoráveis para o cultivo por longos períodos sem esgotar o solo (MATIAS et al., 2009). Estudando um Latosolo Vermelho-Amarelo do cerrado piauiense, Leite et al. (2010) constataram que a adoção do plantio direto aumentou o pH, os teores de P e de bases trocáveis do solo, além de aumentar os teores de COT e C microbiano em comparação ao PC, na camada de 0-20 cm.

De maneira semelhante, o sistema de integração agricultura-pecuária é outra alternativa que vem sendo promissora no aumento dos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, por ser um sistema capaz de proporcionar maior estabilidade e sustentabilidade da produção agrícola, reduzindo as perdas de MOS, pela constante adição de resíduos vegetais provenientes da cultura de interesse comercial e das pastagens (SOUZA et al., 2010; SALTON et al., 2011).

Segundo Schiavo et al. (2011), o manejo de áreas agrícolas que integrem a sucessão de lavouras de grãos anuais com pastagens contribui para a manutenção do estoque de MOS e para a qualidade de seus atributos químicos. Nicoloso et al. (2008), verificaram que o solo sob integração agricultura-pecuária tem potencial para ser um dreno de carbono atmosférico e favorecer o acúmulo da MOS. Estima-se que a inclusão de pastagem em integração com lavouras amplie esse potencial de retenção de C atmosférico no solo devido ao desenvolvido sistema radicular das forrageiras (D'ANDREA et al., 2004).

Para avaliar o efeito da interferência antrópica na quantidade da MOS tem se estudado as frações lábeis e recalcitrantes da MOS. A fração lábil tem sido utilizada por apresentar alta sensibilidade às mudanças causadas pelos sistemas de uso do solo, além de ter influência sobre a fertilidade do solo, por representar um reservatório de nutrientes que podem ser liberados para as plantas em curto prazo (RANGEL e SILVA, 2007; CONTE et al., 2011).

Com relação às frações recalcitrantes, tem se dado atenção ao estudo das substâncias húmicas que por apresentarem alta complexidade são dificilmente atacadas pelos microrganismos do solo, decompondo-se lentamente, contribuindo desta forma para aumento do estoque de MOS. Associado a isto, por meio da quantificação das substâncias húmicas é possível conhecer o potencial de captura e armazenamento do carbono e nitrogênio nos diferentes sistemas de uso do solo (LOSS et al., 2010).

O número limitado de pesquisa, particularmente, sobre a avaliação da fertilidade do solo, estoque de carbono e nitrogênio total e nas frações da MOS em áreas submetidos a diferentes sistemas de uso do solo, frequentemente dificulta a tomada de decisões em direção a práticas de manejo sustentáveis.

Diante do exposto, esta dissertação composta por dois capítulos, aborda alguns destes problemas. No primeiro capítulo, abordou-se a influência dos sistemas de uso do solo nos atributos químicos, carbono orgânico e nitrogênio total e no segundo capítulo o efeito destes sistemas no carbono e nitrogênio das frações lábeis e recalcitrantes da MOS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F.; LEITE, L.F.C.; ARNHOLD, E.; MACIEL, G.A.; CARNEIRO, R.F.V. Compartimento de carbono em Latossolo Vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.849-856, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1635-1646, 2009.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.579-587, 2011.

COSTA JÚNIOR, C.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e ^{13}C em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.4, p.1241-1252, 2011.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

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. **Soil Science Society of America**, Madison, v.35, p.3-22, 1994.

FERREIRA, E.A.B.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.1625-1635, 2007.

LAL, R. Forest soils and carbono sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, n.1, p.242-258, 2005.

LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; NETO, M.R.H.; ARAÚJO, F.S.; IWATA, B.F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.12, p.1273-1280, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e época de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.913-922, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, Chile, v.29, n.2, p.11-19, 2011.

MATIAS, M.C.B.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.3, p.356-362, 2009.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob interação lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2425-2433, 2008.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1609-1623, 2007.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, A.C. A.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SCHIAVO, J.A.; ROSSET, J.S.; PEREIRA, M.G.; SALTON, J.C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1332-1338, 2011.

SILVA, L.S.; CAMARGO, A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre: Evagrang, 2010. 264 p.:il.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.79-88, 2010.

STURMER, S.L.K.; ROSSATO, O.B.; COPETTI, A.C.C.; SANTOS, D.R.; BRUM, A.C.B. Variação nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.241-250, 2011.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley E Sons, 1994. 496p.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G., eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. **NifTAL Project**, Hawaii, p.5-32, 1989.

CAPÍTULO I – ATRIBUTOS QUÍMICOS, CARBONO E NITROGÊNIO TOTAL EM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO

RESUMO

A substituição de áreas de vegetação nativa em sistemas de cultivo conduz a importantes mudanças nos estoques de carbono e nitrogênio total e, conseqüentemente, na fertilidade do solo. Assim objetivou-se com este trabalho avaliar as mudanças nos atributos químicos e no carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso. A pesquisa foi realizada em áreas de lavouras comerciais localizadas no município de Dourados-MS, onde foram coletadas amostras de solo em dois anos (2010 e 2011), nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os sistemas de manejo avaliados foram o plantio direto (PD), plantio convencional (PC), sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), pastagem (PAST) e o eucalipto (EUC), tendo como referência a vegetação nativa (VN). Foram determinados o carbono e nitrogênio total e os teores de pH em CaCl_2 , Al^{+3} , $\text{H}+\text{Al}$, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P. As áreas sob VN tiveram maiores estoques de COT do que os demais sistemas de uso, especialmente na camada superficial (0-10 cm). Todavia, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo, como o PD e o SIAP, promoveram recuperação nos estoques de COT, indicando que, em médio e longo prazo, a biomassa vegetal aportada pelas culturas, associados ao manejo poderão aumentar os níveis de matéria orgânica do solo. Em 2011, o SIAP foi o que mais contribuiu para esse aumento com 21,3 e 18,2% em relação ao PC e a PAST, respectivamente, enquanto que no PD esse aumento foi de 9,5 e 5,6% em relação ao PC e a PAST, respectivamente. Todavia, o SIAP e o PD não diferiram do EUC. Com relação aos estoques de nitrogênio total (NT), o SIAP, PD e PC proporcionaram os maiores estoques na camada de 20-30 cm. No que se refere aos atributos químicos do solo, o uso de sistemas de cultivo tanto conservacionistas quanto com revolvimento do solo, proporcionaram redução da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio do solo, além de elevarem os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo na solução do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, fertilidade do solo, sistema de integração agricultura-pecuária e plantio direto.

CHEMICAL ATTRIBUTES, CARBON AND NITROGEN TOTAL OF OXISOL UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF USE

ABSTRACT

The replacement of native vegetation for cropping systems leads to significant changes in carbon stocks and total nitrogen and, consequently, in soil fertility. Thus, the objective of this study was to evaluate the changes in chemical attributes and total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) in Oxisol submitted to different use systems. The survey was conducted in commercial crop areas located in Dourados-MS, where soil samples were collected in two years (2010 and 2011), at the depth of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The management systems evaluated were: no-tillage (NT), conventional tillage (CT), integrated crop-livestock systems (SIAP), pasture (PAST) and eucalyptus (EUC), having like a reference the native vegetation (NV). It was determined carbon and total nitrogen and also the contents of pH in CaCl_2 , Al^{+3} , $\text{H}+\text{Al}$, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ and P. In soil under NV had higher TOC stocks than other systems use, especially in 0-10 cm depth. However, the adoption of conservation tillage systems, such as NT and ICL, resulted the recovery of TOC, indicating that in the medium to long term, plant biomass aborted the cultures associated with the management may increase levels of soil organic matter. In 2011, the ICL was the largest contributor to this increase with 21.3 and 18.2% over the PAST and CT, respectively, while the NT was increased by 9.5 and 5.6% over the PAST and CT, respectively. However, the ICL and the NT did not differ from EUC. With respect to the stocks of total nitrogen (TN), the SIAP, NT and CT showed the largest stocks in the 20-30 cm layer. As regards to the chemical attributes soil, the use of cropping systems, both conservationists, as with soil tillage, promoted reduction of the active acidity, potential acidity and aluminum content, and increased contents of calcium, magnesium, potassium and phosphorus in the soil solution.

Key-words: Soil organic matter, soil fertility, integrated crop-livestock and no-tillage.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa aproximadamente um quarto do território nacional, sendo considerada uma das maiores áreas cultivadas do mundo por possuir solos de boas propriedades físicas e topografia favorável à mecanização (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

Todavia, a alteração dessas áreas nativas de cerrado para a produção agrícola, associadas às práticas inadequadas de manejo, tem resultado na diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo (MOS), o que ocorre em função do aumento do processo erosivo, aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo, redução no aporte de material vegetal ou diferenças na qualidade dos resíduos (FREIXO et al., 2002; ARAÚJO et al., 2007; COSTA JUNIOR et al., 2011).

Consequentemente, acarreta alterações na fertilidade do solo, uma vez que a MOS tem grande importância no fornecimento de nutrientes às plantas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (LAL et al., 2005; PEGORARO et al., 2006; LIMA et al., 2009; COSTA et al., 2010).

A redução da MOS tem sido observada por diversos pesquisadores em sistema convencional de cultivo, onde se realizam operações com intenso revolvimento do solo. Neste sistema, a taxa de saída de carbono e nitrogênio normalmente tem sido maior que a taxa de entrada, devido ao aumento da oxidação do carbono e a mineralização do nitrogênio, contribuindo de forma mais acentuada para o aumento de emissão de gases e redução da fertilidade do solo (CARDOSO et al., 2010; SILVA et al., 2010; LOSS et al., 2011; STURMER et al., 2011).

Estudos sobre os conteúdos de MOS em diferentes sistemas de uso do solo têm demonstrado que geralmente a adoção de sistemas conservacionistas, especialmente quando envolve práticas como o plantio direto (PEREIRA et al., 2010; NUNES et al., 2011a; VEZZANI et al., 2011), integração agricultura-pecuária (NICOLOSO et al., 2008; SOUZA et al., 2010), e plantios agrofloretais (GATTO et al., 2010; PILLON et al., 2011) favorecem os estoques de matéria orgânica do solo.

O uso destes sistemas também refletem diretamente e/ou indiretamente sobre os atributos químicos do solo (FRAZÃO et al., 2008; LEITE et al., 2010), sendo alternativas viáveis para assegurar potencial conservacionista do uso agrícola nos solos sob cerrado, considerados ácidos, com baixa fertilidade natural e potencial

de produção condicionado ao uso de corretivos e fertilizantes (AZEVEDO et al., 2007).

Estudando o estoque de carbono orgânico total (COT) no solo e emissões de CO₂ influenciados por sistemas de uso do solo no Sul do Brasil, Costa et al. (2008) verificaram maior estoque de COT no solo sob plantio direto (36 t ha⁻¹) em relação ao plantio convencional (27,8 t ha⁻¹). Santos et al. (2009), analisando seis sistemas de integração agricultura-pecuária (SIAP) com diferentes rotações de culturas no Rio Grande do Sul, verificaram em Latossolo Vermelho Distrófico típico que, após oito anos de implantação, a MOS no SIAP e no plantio direto não diferiram da vegetação nativa, sendo estes sistemas eficientes em acumular carbono no solo.

No que se refere à influência dos diferentes sistemas de manejo sobre os atributos químicos do solo, Leite et al. (2010) estudando um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado piauiense, constataram que a adoção do plantio direto aumentou o pH, os teores de P e de bases trocáveis do solo, além de aumentar os teores de COT e C microbiano em comparação ao PC, na camada de 0-20 cm.

É de conhecimento geral que a dinâmica da MOS e a fertilidade do solo são influenciados por fatores ambientais como temperatura, umidade, pH, potencial de oxi-redução do solo, e por fatores bióticos, devendo ser estudada ao nível local. O estado do Mato Grosso do Sul possui a sexta maior produção nacional de grãos (IBGE, 2011), tendo Dourados como um de seus principais representantes, todavia não se tem informações suficientes quanto a influência do sistema de uso do solo nos estoques de carbono e nitrogênio total e na fertilidade do solo em lavouras comerciais. Fato este que auxiliaria os produtores rurais na busca por um sistema de manejo do solo mais sustentável.

Assim, o objetivou-se com este trabalho identificar as mudanças nos atributos químicos do solo e no carbono e nitrogênio total em diferentes sistemas de uso do solo no município de Dourados-MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas de lavouras comerciais localizadas no município de Dourados-MS, nas coordenadas geográficas de 22° 9' 32'' S e 54° 42' 21'' W, com altitude média de 384 m e que, segundo a classificação de Köppen (1948), apresenta clima do tipo Cwa mesotérmico úmido. Os dados de pluviosidade e de temperatura máximas e mínimas registrados durante o período da pesquisa estão apresentados na Figura 1.

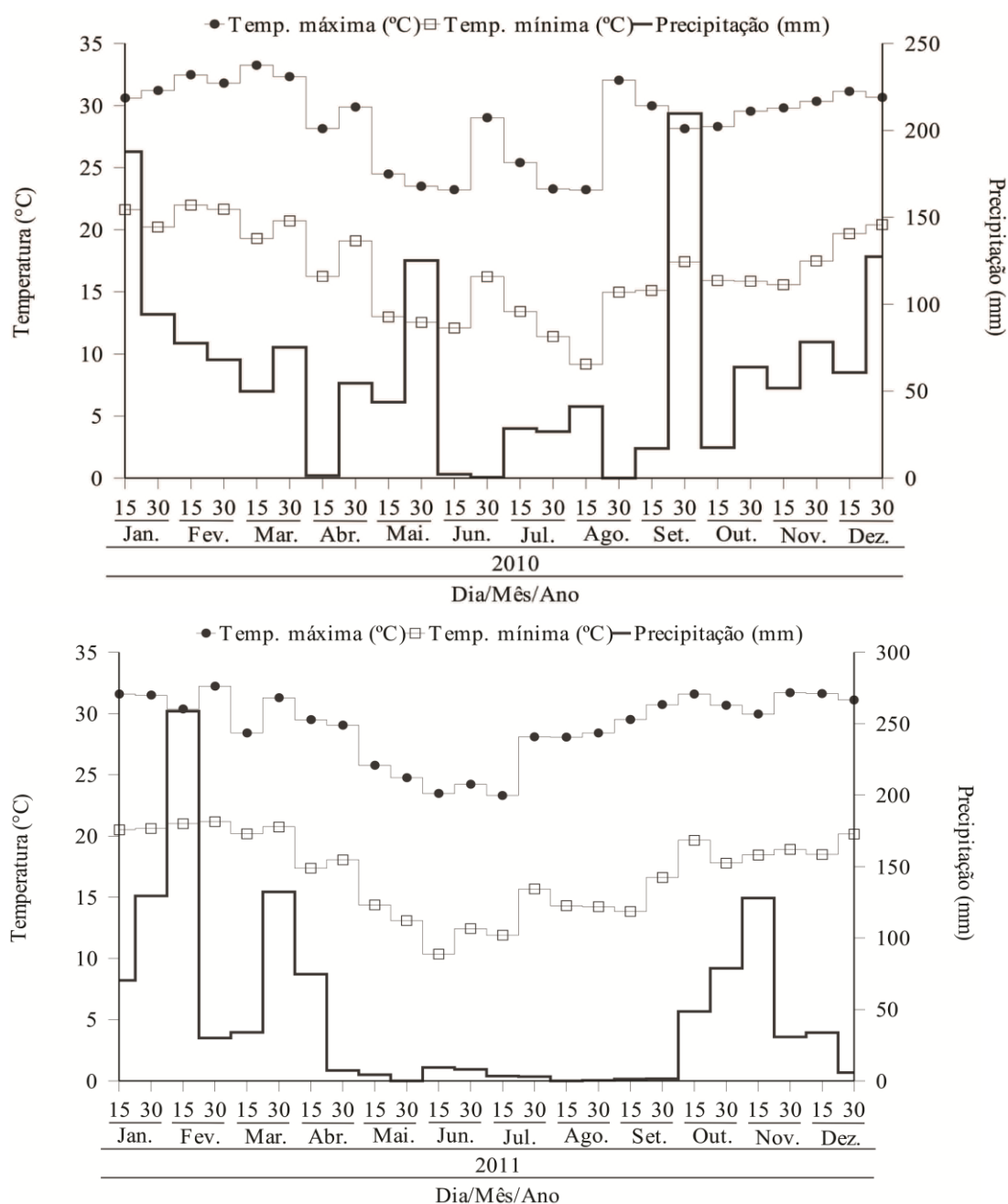


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas, nos anos de 2010 e 2011. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados-MS, 2011.

Para avaliar os diferentes sistemas de uso do solo, foram coletadas amostras de solo em seis áreas, distribuídas numa faixa homogênea de solo. Os sistemas de uso avaliados foram o plantio direto (PD), plantio convencional (PC), sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), pastagem (PAST) e o eucalipto (EUC). Como área de referência optou-se pela vegetação nativa. Os históricos destas áreas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Histórico dos sistemas do solo, provenientes de um Latossolo Vermelho Distroférrico. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Histórico das áreas
Vegetação nativa (VN)	Área com vegetação natural, caracterizada como área de reserva que estava separada à distância de 600 m das áreas em estudo.
Pastagem (PAST)	Área ocupada com pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster, estabelecida há 19 anos sob pastejo semi-intensivo com utilização de 0,5 unidade animal (UA) por hectare ano e sem manejo da fertilidade do solo.
Eucalipto (EUC)	Área ocupada anteriormente com pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster por 15 anos, sendo que em 2007 foram plantadas mudas de <i>Eucaliptus grandis</i> . Por ocasião do plantio foi realizada a correção da acidez do solo com 4 t ha ⁻¹ de calcário dolomítico e adubação na cova com 120 g do adubo formulado 8-20-20, apenas no plantio.
Sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP)	Área ocupada anteriormente com lavoura em plantio direto, sendo que em 2005 foi introduzido o SIAP. Na semeadura da soja foi realizada a adubação com 300 kg ha ⁻¹ do adubo formulado 0-20-20. Na implantação da pastagem, foi realizada a adubação com 250 kg ha ⁻¹ do adubo formulado 8-18-18 na pastagem. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda coleta na semeadura da pastagem <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster
Plantio Direto (PD)	Área ocupada com lavoura em plantio direto por 20 anos, cultivada com soja no verão, e milho no inverno (segunda safra), sendo que não se utilizou outra prática para a formação de palhada. Adubação e calagem seguiram as recomendações de cada cultura. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda sob resíduo de milho.
Plantio Convencional (PC)	Área ocupada com plantio convencional há 35 anos, sendo que o preparo do solo é realizado com uma aração e duas gradagens. O sistema de sucessão é semelhante ao plantio direto com soja e milho. Foi realizada correção e adubação de acordo com as necessidades de cada cultura. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda sob resíduo de milho.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com textura argilosa e de topografia predominantemente plana, onde foram coletadas amostras de solo em dois anos consecutivos (fevereiro de 2010 e julho de 2011). Em cada sistema, foram selecionados talhões de quatro hectares, e abertas trincheiras (40 x 40 x 50 cm), onde se procedeu à retirada das amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm para determinação do carbono e nitrogênio total e dos atributos químicos do solo.

Foram coletadas também amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos metálicos para a determinação da densidade do solo. A análise da densidade e a da textura do solo foi realizada conforme Claessen (1997). As características físicas das áreas em estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Médias da densidade do solo (kg dm^{-3}) e da textura em (g kg^{-1}) de um Latossolo Vermelho Distroférico, avaliado em 2010 e 2011, sob diferentes sistemas de uso do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Densidade (kg dm^{-3})		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
VN	1,2	1,1	1,1
PAST	1,6	1,3	1,4
EUC	1,5	1,5	1,5
SIAP	1,6	1,7	1,6
PD	1,7	1,7	1,7
PC	1,6	1,4	1,5
	Areia	Silte	Argila
	-----(g kg^{-1})-----		
	0-30 cm		
VN	141,8	193,6	664,6
PAST	137,2	360,2	502,6
EUC	117,7	234,4	647,9
SIAP	181,9	217,7	600,4
PD	237,3	337,6	425,1
PC	171,4	340,3	488,3

Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional).

Após as coletas, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de solos da Universidade Federal da Grande Dourados. Para a caracterização química as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm e determinados o pH em CaCl_2 , Al^{+3} e $\text{H}+\text{Al}$, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P de acordo com as metodologias descritas por Claessen (1997). Para a determinação do carbono e nitrogênio total, as amostras foram trituradas em almofariz, e passadas em peneira com malha de 0,210 mm. O carbono orgânico total foi determinado segundo o método de oxidação via úmida, com aquecimento externo, descrito por Yeomans e Bremner (1988) e o nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985).

Os estoques de carbono e nitrogênio total, nos diferentes sistemas de uso do solo e em cada profundidade do solo, foram obtidos por meio da multiplicação do teor (g kg^{-1}) pela massa de solo, em cada profundidade estudada (kg ha^{-1}). A massa de solo foi obtida por meio da multiplicação da espessura de cada camada (m), pela sua densidade (kg dm^{-3}) e o volume de solo (dm^3).

As análises estatísticas dos atributos químicos e dos estoques de carbono e nitrogênio do solo foram realizadas segundo o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com utilização do aplicativo computacional SAEG 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Carbono orgânico e nitrogênio total

Os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total em Latossolo Vermelho Distroférico com diferentes sistemas uso do solo, avaliado nos anos de 2010 e 2011 estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estoque de carbono orgânico e nitrogênio total em Latossolo Vermelho Distroférico, avaliado em 2010 e 2011, sob diferentes sistemas do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Estoque de COT (t ha ⁻¹)		Estoque de NT (t ha ⁻¹)	
	0-10 cm			
	2010	2011	2010	2011
VN	54,00 Aa	49,87 Aa	3,22 Aa	1,40 Ab
PAST	42,06 Ba	30,60 Cb	2,61 Aa	1,17 Ab
EUC	42,59 Ba	33,21 Bb	2,70 Aa	1,26 Ab
SIAP	45,09 Ba	37,39 Bb	2,60 Aa	1,35 Ab
PD	39,38 Ba	32,43 Bb	2,31 Aa	1,38 Ab
PC	41,89 Ba	29,34 Cb	2,56 Aa	1,16 Ab
10-20 cm				
VN	31,39 Ba	29,64 Aa	1,65 Aa	0,93 Ab
PAST	31,44 Ba	29,32 Aa	1,85 Aa	1,09 Ab
EUC	30,40 Ba	26,18 Aa	2,06 Aa	1,00 Ab
SIAP	38,57 Aa	27,93 Ab	1,50 Aa	0,92 Ab
PD	32,45 Ba	26,77 Aa	1,75 Aa	0,99 Ab
PC	30,13 Ba	27,75 Aa	1,95 Aa	1,22 Ab
20-30 cm				
VN	26,47 Aa	26,84 Aa	1,07 Ba	0,79 Ba
PAST	23,73 Aa	21,95 Ba	1,22 Ba	0,76 Ba
EUC	27,91 Aa	22,93 Ba	1,46 Ba	0,60 Cb
SIAP	26,73 Aa	22,35 Ba	2,00 Aa	0,88 Ab
PD	27,95 Aa	25,05 Aa	1,63 Aa	0,94 Aa
PC	25,31 Aa	19,59 Bb	1,95 Aa	0,96 Ab

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Legenda: *Média dos dois anos avaliados; VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional); COT (carbono orgânico total); NT (nitrogênio total).

Na avaliação do estoque de carbono orgânico total (COT) na profundidade de 0-10 cm, observou-se o maior valor na área de vegetação nativa (54 e 49,8 t ha⁻¹ em 2010 e 2011, respectivamente), em relação aos demais sistemas de uso do solo, sendo esse ganho restrito à camada superficial (Tabela 3). Resultados na literatura evidenciam que a substituição de ecossistemas naturais em sistemas de uso do solo, reduz significativamente os estoques de COT, principalmente nas camadas superficiais.

Esses resultados podem ser atribuídos ao favorecimento à oxidação da MOS devido à intensificação da atividade biológica provocada pelo revolvimento do solo, pela correção da acidez e pela adubação, proporcionando um ambiente mais favorável à ação dos microrganismos (PAUSTIAN et al., 1997), como constatado em vários trabalhos de pesquisa (SOUZA et al., 2006; RANGEL e SILVA, 2007; CARNEIRO et al., 2009; CARDOSO et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Outro fator que contribui para o aumento do estoque de COT em áreas de vegetação nativa é a maior adição de resíduos vegetais, aliada à preservação da estrutura do solo, que contribui, via agregação, para a proteção e manutenção do carbono no solo quando comparados a sistemas de cultivo (CARNEIRO et al., 2009). Em Brasília (DF), Alcântara Neto et al. (2011) constataram em Latossolo Vermelho Distroférico textura muito argilosa que, o estoque de COT foi maior no solo sob Cerrado denso (28,5 t ha⁻¹) e Cerrado (25,8 t ha⁻¹) do que no solo sob os povoamentos de eucalipto, em três idades avaliadas, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Rangel e Silva (2007) verificaram em Latossolo Vermelho Distroférico típico muito argiloso, submetido a diferentes sistemas de uso do solo, que o estoque de COT na profundidade de 0-10 cm foi maior na área de mata nativa (33,95 t ha⁻¹) e que o menor estoque ocorreu na área cultivada com milho em plantio convencional (16,35 t ha⁻¹). Outros autores também relataram maior estoque de carbono em vegetação nativa (CARNEIRO et al., 2009; CARDOSO et al., 2010; PORTUGAL et al., 2010).

Apesar do maior estoque de COT da área com vegetação nativa em 2011, analisando somente os sistemas de cultivo, observou-se que as adoções de sistemas conservacionistas contribuíram no aumento do estoque de COT (0-10 cm). O sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP) foi o que mais contribui para esse aumento com 21,3 e 18,2% em relação ao plantio convencional (PC) e pastagem (PAST),

respectivamente, enquanto que, no plantio direto (PD) esse aumento foi de 9,5 e 5,6% em relação ao plantio convencional (PC) e a pastagem (PAST), respectivamente. Todavia, o SIAP e o PD não diferiram dos solos sob eucalipto (EUC). Em 2010, já havia sido constatado o maior estoque de carbono no SIAP em relação a todos os demais, todavia na camada de 10-20 cm (Tabela 3).

Em Maracaju no Mato Grosso do Sul, Silva et al. (2011) constatou ser o SIAP um sistema promissor para o aumento do estoque de C no solo. Esses autores observaram que o SIAP com somente oito anos de implantação, propiciou estoque de COT semelhante ao do sistema sob plantio direto (PD) com 23 anos, todavia, obtiveram menor teor de C em comparação ao sistema sob a vegetação nativa (VN) na camada até 30 cm do solo.

De modo geral, sistemas de integração agricultura-pecuária apresentam a capacidade de aumentar os estoques de COT devido à associação do aporte de resíduos orgânicos oriundos das culturas anuais com pastagem. No Rio Grande do Sul, Souza et al. (2009) verificaram em Latossolo Vermelho Distroférico, textura muito argiloso, que o sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto promoveu aumento nos estoques de COT e NT em intensidade de pastejo moderado.

De maneira semelhante, Santos et al. (2011) ao estudarem cinco sistemas de integração agricultura-pecuária em um Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, em Passo Fundo (RS), observaram que os teores de matéria orgânica do solo foram afetados positivamente pelos sistemas de produção com integração de agricultura-pecuária. Franzluebbbers e Stuedemann (2008) relatam que o incremento de carbono em sistemas de integração agricultura-pecuária ocorre em função do alto desenvolvimento vegetal, tanto na parte aérea como nas raízes das pastagens.

Na camada de 20-30 cm, não foram constatadas diferenças significativas entre os sistemas de uso do solo em 2010. Todavia, em 2011, o sistema de plantio direto (25 t ha^{-1}) foi superior aos demais sendo semelhante ao solo sob vegetação nativa ($26,84 \text{ t ha}^{-1}$) (Tabela 3). Segundo Bayer et al. (2006), no plantio direto, onde o revolvimento do solo ocorre somente na linha de plantio, a distribuição do carbono em profundidade também aumenta como tendência de recuperar os teores originais semelhantes ao da vegetação original.

Com relação aos estoques de nitrogênio total (NT), o maior estoque foi observado na área de VN na camada de 0-10 cm. De modo que, independente do

sistema de uso do solo, as maiores quantidades de NT foram obtidas nesta camada (Tabela 3). Isto ocorreu porque a matéria orgânica é a maior reserva de N no solo, e o seu teor é mais elevado na superfície do solo (VARGAS et al., 2005; SOUZA et al., 2009; SILVA et al., 2011).

Com relação aos sistemas de uso do solo, houve diferença entre os tratamentos apenas em maiores profundidades (20-30 cm), e independente do ano de amostragem, houve maior estoque de NT no SIAP, PD e PC em relação aos demais sistemas de uso do solo, possivelmente, em decorrência das adubações nitrogenadas realizadas para o plantio da cultura subsequente, e/ou rotação com leguminosas fixadoras de N, proporcionando maior aporte de N no solo.

No que se refere à época de coleta do solo, houve redução nos estoques de COT e NT em todos os sistemas de uso do solo na segunda amostragem. Provavelmente, isso ocorreu devido à variabilidade amostral das áreas em estudo. Todavia, as maiores variações nos estoques de carbono e nitrogênio foram observadas em áreas submetidas a algum tipo manejo no solo, possivelmente pelas aplicações de fertilizantes e calcário, preparo convencional com arações e gradagens, e diferenças na cobertura vegetal, os quais pode ter contribuído para maior heterogeneização das áreas. No que se refere à variação da matéria orgânica do solo em sob cultivo da videira, Carvalho et al. (2003) constataram uma variabilidade de 26,6 %, em solo sob em milho Silva et al. (2003) obteve 8,1%, em cana-de-açúcar Corá et al. (2004) constataram 15 %, Zanão Júnior et al. (2007) em semeadura direta classificou a variabilidade da MOS de 0-10 cm como moderada e de 10-20 cm como forte.

3.2. Atributos químicos do solo

Com relação aos atributos químicos relacionados à acidez do solo, observou-se que para o pH em CaCl_2 os valores variaram de 3,95 a 5,72 (Tabela 4) caracterizando solos muito ácidos a medianamente ácidos (RIBEIRO et al., 1999). Na comparação entre os sistemas de uso do solo, constatou-se menor pH em CaCl_2 , em solos sob vegetação nativa em todas as profundidades estudadas. Santos et al. (2010) também observaram, ao estudar atributos físicos e químicos do solo em áreas sob pastejo na micro região do brejo paraibano os menores valores de pH (4,45) para a camada de 0-10 cm em solos sob vegetação natural. Da mesma forma, Valladares et al. (2011), verificando as alterações ocorridas pelo manejo em um Latossolo em

Rondônia, constaram o menor valor de pH (4,1) em solo sob vegetação nativa quando comparado com área sob cultura perene e pastagem.

Tabela 4. Acidez ativa (pH em CaCl₂), potencial (H+Al) (cmol_cdm⁻³) e teores de Alumínio (cmol_cdm⁻³) de um Latossolo Vermelho Distroférrico, avaliado em 2010 e 2011, sob diferentes sistemas de uso do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	pH CaCl ₂		H+Al (cmol _c dm ⁻³)		Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	
	0-10 cm					
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
VN	4,03 Da	4,12 Ba	18,0 Aa	13,3 Ab	1,38 Aa	1,29 Aa
PAST	4,66 Ca	4,76 Aa	7,08 Ba	5,40 Ba	0,33 Ba	0,29 Ba
EUC	5,25 Ba	5,15 Aa	4,28 Ca	4,51 Ba	0,27 Ba	0,24 Ba
SIAP	5,16 Ba	5,19 Aa	6,63 Ba	5,20 Ba	0,12 Ca	0,12 Ba
PD	5,57 Aa	5,40 Aa	3,36 Ca	3,43 Ba	0,12 Ca	0,12 Ba
PC	5,72 Aa	5,12 Aa	4,10 Ca	3,45 Ba	0,12 Ca	0,12 Ba
10-20 cm						
VN	3,95 Da	3,96 Da	21,4 Aa	12,3 Ab	2,56 Aa	2,54 Aa
PAST	4,21 Ca	4,51 Ca	10,6 Ba	6,99 Ba	1,76 Ba	1,64 Ba
EUC	5,57 Aa	5,39 Aa	3,26 Ca	3,32 Ca	0,21 Ca	0,15 Ca
SIAP	5,23 Ba	5,30 Aa	5,54 Ca	3,69 Cb	0,21 Ca	0,15 Ca
PD	5,59 Aa	4,83 Ba	5,09 Ca	4,13 Ca	0,12 Ca	0,15 Ca
PC	5,43 Aa	5,43 Aa	4,36 Ca	3,44 Ca	0,15 Ca	0,12 Ca
20-30 cm						
VN	3,96 Ca	4,00 Ba	14,3 Aa	11,7 Aa	1,12 Aa	1,20 Aa
PAST	4,41 Ba	4,88 Aa	10,2 Ba	5,53 Bb	1,00 Aa	1,15 Aa
EUC	5,68 Aa	5,38 Aa	3,08 Ca	3,07 Ca	0,15 Ba	0,15 Ba
SIAP	5,35 Aa	5,46 Aa	3,98 Ca	3,27 Ca	0,15 Ba	0,12 Ba
PD	5,51 Aa	5,06 Aa	3,09 Ca	3,11 Ca	0,12 Ba	0,12 Ba
PC	5,56 Aa	5,49 Aa	3,87 Ca	3,04 Ca	0,12 Ba	0,12 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas referentes aos tratamentos e minúsculas nas linhas referentes ao ano, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional).

O aumento do pH em sistemas cultivados pode ser atribuído indiretamente à maior concentração de bases trocáveis, devido à fertilização e correção que são necessárias nesse tipo de solo, uma vez que os Latossolos apresentam limitações quanto à fertilidade, como presença de mais de 95% de sua

área com características distróficas e níveis de pH entre 4,8 e 5,2, indicando típica condição ácida (AZEVEDO et al., 2007).

Matias et al. (2009) observaram, ao estudarem as propriedades químicas em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo, que as áreas sob plantio direto e plantio convencional apresentaram maiores teores de cálcio e magnésio trocáveis, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em comparação ao cerrado nativo. Santos et al. (2008), avaliando a fertilidade de um Latossolo Vermelho distroférico típico em Passo Fundo-RS após vinte anos de cultivo, observaram o menor teor de alumínio e os maiores teores de pH e cálcio nos sistemas com manejo do solo e rotação de culturas. Outros estudos também reportaram aumento do pH em sistemas de cultivo (JANTALIA et al., 2007; FRAZÃO et al., 2008; PORTUGAL et al., 2008).

Analisando a acidez potencial, as concentrações de H+Al adsorvidos nos colóides orgânicos e inorgânicos, também foram maiores em solos sob vegetação nativa, quando comparados aos demais sistemas de uso do solo, isto porque solos cultivados que recebem corretivos agrícolas retiram estes elementos dos colóides do solo e libera-os para a solução, os quais são neutralizados pela hidroxila proveniente do CaCO_3 .

Na área de vegetação nativa, os valores da acidez potencial variaram de 14,3 a 21,4 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e 11,7 a 13,3 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ para a primeira e segunda coleta de solo, respectivamente (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados por Barreto et al. (2006), que ao estudarem as características químicas e físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, no Sul da Bahia, sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem, observaram as maiores concentrações de H+Al no solo sob floresta com valores de 14,3 e 11,4 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Nas áreas comerciais de PD, PC, SIAP e EUC foi observado que os teores de Al^{+3} existente no perfil do solo foi menor do que os valores verificados para a VN (Tabela 4). Isto evidencia que os sistemas de manejo empregados foram eficientes em reduzir a toxidez que esse elemento pode ocasionar às plantas, principalmente restringindo o seu sistema radicular, refletindo em menores produtividades das culturas.

Os maiores teores de Al^{+3} em solos sob vegetação nativa (Tabela 4), provavelmente, contribuíram para a estabilização da matéria orgânica neste solo

(Tabela 3). O efeito estabilizante do alumínio sobre a MOS parece ser devido à complexação do Al na solução do solo e à precipitação subsequente dos complexos insolúveis Al-MOS, que suprimem a atividade enzimática microbiana e as taxas de degradação do substrato (SOLLINS et al., 1996). A interação da MOS com íons pode contribuir para a sua estabilização química e os íons considerados como potenciais estabilizantes da MOS são Al^{+3} , Fe^{+3} , Ca^{+2} , além dos metais pesados (LUTZOW et al., 2006).

Analisando atributos químicos e MOS em solos subtropicais, Silva et al. (2008) observaram que a variação do teor de C de horizonte A dos solos de altitude estudados, eram independentes da classe de solo, textura e do teor de óxidos de ferro pedogênicos. Entretanto, a complexação com Al^{+3} trocável era suficiente na estabilização da matéria orgânica do horizonte A.

Os teores de Ca^{+2} foram mais elevados no sistema de PD e PC, em todas as profundidades (Tabela 5). Isto era esperado, uma vez que se efetuou a correção do solo. Nessas áreas foi utilizado como corretivo agrícola o calcário calcítico que aumenta principalmente os teores de Ca^{+2} na solução do solo. Outros estudos também constataram maiores teores de cálcio no sistema de plantio direto e plantio convencional em função das correções realizadas (MATIAS et al., 2009; SIQUEIRA NETO et al., 2009).

No sistema de plantio direto é comum observar maiores teores de Ca^{+2} na camada superficial do solo em função da aplicação de corretivos sobre essa camada, sem incorporação, diminuindo a superfície de contato entre as partículas do solo e as do corretivo, retardando os efeitos da calagem e restringindo as reações a centímetros superficiais do solo (CIOTTA et al., 2002; CARVALHO et al., 2007; FREIRIA et al., 2008; LEITE et al., 2010).

No entanto, a mobilização do cálcio observada no PD ao longo do perfil do solo pode ser em decorrência da formação de complexos com ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo (STEINER et al., 2011). Para o sistema de plantio convencional já era esperado se encontrar teores elevados de cálcio nas camadas mais profundas, já que neste sistema de manejo o calcário é incorporado, promovendo maior distribuição desse elemento no perfil do solo.

Tabela 5. Teores de cálcio, magnésio e potássio em $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e fósforo em mgdm^{-3} de um Latossolo Vermelho Distroférico, avaliado em 2010 e 2011 sob diferentes sistemas de uso do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Ca^{+2}		Mg^{+2}		K^+		P	
	0-10 cm							
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
VN	2,84 Da	1,92 Ca	1,74 Da	1,25 Ba	0,30 Ba	0,26 Ba	1,96 Ba	2,08 Ba
PAST	5,40 Ca	4,56 Ba	2,76 Ca	2,63 Aa	0,12 Ca	0,10 Ca	1,31 Ba	1,68 Ba
EUC	7,23 Ba	5,83 Ba	4,44 Aa	3,18 Aa	0,31 Ba	0,27 Ba	2,04 Ba	2,33 Ba
SIAP	8,51 Ba	8,77 Aa	3,33 Ba	2,81 Aa	0,60 Aa	0,53 Aa	8,90 Aa	11,5 Aa
PD	10,9 Aa	8,83 Aa	3,29 Ba	3,22 Aa	0,57 Aa	0,50 Aa	10,8 Aa	14,0 Aa
PC	11,7 Aa	9,42 Aa	3,30 Ba	3,27 Aa	0,50 Aa	0,50 Aa	12,0 Aa	12,5 Aa
10-20 cm								
VN	1,62 Da	1,10Da	0,82 Da	0,56 Da	0,07 Ba	0,06 Da	0,94 Ca	1,21 Da
PAST	4,22 Ca	3,70Ca	1,50 Ca	1,37 Ca	0,05 Ba	0,08 Da	0,97 Ca	1,06 Da
EUC	8,52 Ba	6,95Ba	3,84 Aa	3,19 Aa	0,20 Aa	0,29 Ba	1,99 Ca	2,28 Ca
SIAP	8,96 Ba	7,46Ba	2,72 Ba	2,10 Ba	0,12 Aa	0,09 Da	8,86 Aa	9,87 Aa
PD	10,1 Aa	8,89Aa	2,99 Ba	2,66 Ba	0,18 Aa	0,16 Ca	9,11 Aa	9,29 Aa
PC	11,2 Aa	10,7Aa	2,89 Ba	2,45 Ba	0,23 Aa	0,38 Aa	4,32 Ba	4,40 Ba
20-30 cm								
VN	1,34 Da	1,21Da	0,62 Da	0,58 Ca	0,03 Bb	0,06 Da	0,13 Db	1,06 Ca
PAST	4,17 Ca	3,54Ca	1,01 Da	1,66 Ba	0,04 Ba	0,05 Da	1,24 Ba	1,04 Ca
EUC	8,06 Ba	9,11Aa	3,24 Aa	2,84 Aa	0,02 Bb	0,18 Ba	0,60 Cb	1,46 Ba
SIAP	7,07 Ba	7,26Ba	1,77 Ca	1,75 Ba	0,03 Ba	0,04 Da	1,35 Bb	2,96 Aa
PD	9,25 Aa	9,14Aa	2,55 Ba	2,37 Aa	0,07 Ab	0,12 Ca	1,44 Ba	1,69 Ba
PC	10,1 Aa	10,9Aa	2,56 Ba	2,44 Aa	0,06 Ab	0,24 Aa	2,90 Aa	1,88 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas referentes aos tratamentos e minúsculas nas linhas referentes ao ano, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional).

Com relação aos teores de Mg^{+2} , os solos sob cultivo de eucalipto foram, de modo geral, os que obtiveram os maiores valores, sendo 4,4, 3,8 e 3,2 $cmol_c dm^{-3}$ em 2010, e 3,1, 3,1 e 2,8 $cmol_c dm^{-3}$ em 2011, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, respectivamente. A calagem com 4 t ha^{-1} de calcário dolomítico, realizada em toda a área antes do plantio do eucalipto, pode auxiliar na provável explicação para esses resultados. O efeito da aplicação de calcário dolomítico no aumento nos teores de Mg^{+2} , também foram observados por Anjos et al. (2011), que analisando o efeito da calagem em atributos químicos do solo concluíram que o uso do calcário dolomítico promoveu elevação nos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis.

Os maiores teores de K^+ foram encontrados na camada superficial do solo (0-10 cm), com destaque para os sistemas de manejo SIAP, PD e PC com teores maiores ou iguais a 0,5 $cmol_c dm^{-3}$ (Tabela 5), em ambos os anos de amostragens. Na profundidade até 30 cm, na amostragem de solo realizada em 2011, observou-se que os maiores teores de K^+ foram encontrados no solo com PC com valores de 0,38 e 0,24 $cmol_c dm^{-3}$ nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, respectivamente.

Costa et al. (2009a) estudando a distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo, obtiveram resultados semelhantes, sendo que os gradientes de K^+ foram diferenciados em relação ao manejo do solo, concentrando-se mais na superfície em plantio direto e aumentando em profundidade no manejo convencional. Perin et al. (2003) estudando tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos, também constataram incrementos dos teores de K em profundidade com o tempo de uso agrícola.

Com relação aos teores de P no solo, os maiores valores foram observados até a profundidade de 20 cm. A razão do acúmulo deste elemento na superfície do solo esta associada à baixa mobilidade do P, ligada à deposição de resíduos culturais, o que favorece a redistribuição de formas orgânicas do elemento que são menos susceptíveis ao processo de degradação (SANTOS e TOMM, 2003; COSTA et al., 2009b; NUNES et al., 2011b).

Os maiores teores de P nas camadas superficiais (0-10 cm) foram encontrados no SIAP (8,9 e 11,5 mg/dm^{-3}), PD (10,8 e 14 mg/dm^{-3}) e PC (12 e 12,5 mg/dm^{-3}) tanto no primeiro como no segundo ano de coleta do solo, respectivamente. Maiores teores de P nesses sistemas de cultivo ocorreram em função da aplicação de fertilizantes fosfatados para o cultivo das culturas. Para a profundidade 10-20 cm, o

SIAP e o PD apresentaram maiores teores de P nas duas épocas amostradas em relação aos demais sistemas de uso do solo. Apesar de não ser comum se observar tal efeito, isso provavelmente foi em decorrência do uso dessas áreas por longo período agrícola, de modo que, a adição sucessiva de fertilizantes fosfatados, associada à intensa atividade microbiana na camada superficial do solo coberto por resíduos vegetais, pode favorecer a descida deste nutriente pelo movimento de compostos orgânicos de P no perfil do solo (DICK, 1983).

4. CONCLUSÕES

1- A adoção do sistema de integração agricultura-pecuária e do plantio direto promoveram recuperação nos estoques de carbono do solo, indicando que, em médio e longo prazos, a biomassa vegetal aportada pelas culturas associados ao manejo poderão aumentar os níveis de matéria orgânica do solo.

2- O uso de sistemas de cultivo tanto conservacionistas quanto com revolvimento do solo proporcionaram redução da acidez ativa, acidez potencial e dos teores de alumínio do solo, além de elevarem os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo na solução do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F.; LEITE, L.F.C.; ARNHOLD, E.; MACIEL, G.A.; CARNEIRO, R.F.V. Compartimento de carbono em Latossolo Vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.849-856, 2011.

ANJOS, J.L.; SOBRAL, L.F.; LIMA JUNIOR, M.A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.11, p.1138-1142, 2011.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.5, p.1099-1108, 2007.

AZEVEDO, D.M.P.; LEITE, L.F.C.; TEIXEIRA NETO, M.L.; DANTAS, J.S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Campina Grande, v.38, n.1, p.32-40, 2007.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.; FREIRE, F.J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no Sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v.86, n.2, p.237-245, 2006.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PÍCCOLO, M.C.; GODINHO, V. P.; HERPIN, U. Changes of chemical properties in na oxisol after clearing of native Cerrado vegetation for agricultural use in Vilhena, Rondônia State, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Asmsterdam, v.96, n.1, p.95-102, 2007.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, p.695-703, 2003.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1055-1064, 2002.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. revisão atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

COSTA JÚNIOR, C.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e ^{13}C em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.4, p.1241-1252, 2011.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciados por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p. 323-332, 2008.

COSTA, F.X.X.; BELTRÃO, N.M.E.M.; CRUZ, O.; SILVA, F.E.A.A.; FILHO, J.S. M. M.; SILVA, M.A.S. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.3, p.204-212, 2010.

COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; ANGLINONI, I.; FLORES, J.P.C.; ANDRIGUETTI, M.H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.3, p.1291-1301, 2009a.

COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; CAO, E.G.; HOLZSCHUH, M.J. Phosphorus and root distribution and corn growth related to long- term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.5, p.1237-1247, 2009b.

DICK, W. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.102-107, 1983.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Early Response of Soil Organic Fractions to Tillage and Integrated Crop–Livestock Production. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.72, n.3, p.613-625, 2008.

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado Matogrossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.641-648, 2008.

FREIRIA, A.C.; MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p.285-291, 2008.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.425-434, 2002.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1069-1079, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Rio de Janeiro, v.24, p.1-82, 2011.

JANTALIA, C.P.; RESCK, D.V.S.; ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Tillage effect on carbon stocks of a clayey Oxisol under a soybean based crop rotation in the Brazilian cerrado region. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.95, n.1, p.97-109, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LAL, R. Forest soils and carbono sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.220, n.1, p. 242-258, 2005.

LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; NETO, M.R.H.; ARAÚJO, F.S.; IWATA, B.F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.12, p.1273-1280, 2010.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; FERREIRA, G.B.; SAMPAIO, L.R.; BELTRÃO, N.E.M. Capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável e promover o crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.1, p.9-17, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, Chile, v.29, n.2, p.11-19, 2011.

LÜTZOW, M.V.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; MATZNER, E.; GUGGENBERGER, G.; MARSCHNER, B.; FLESSA, H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions- a review. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.57, n.2, p.426-445, 2006.

MATIAS, M.C.B.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.3, p.356-362, 2009.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração agricultura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2425-2433, 2008.

NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de Cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1407-1419, 2011a.

NUNES, R.S.; SOUZA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; VIVALDI, L.J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.877-888, 2011b.

PAUSTIAN, K.; ANDRÉN, O.; JANZEN, H.H.; LAL, R.; SMITH, P.; TIAN, G.; TIESSEN, H.; VAN NOORDWIJK, M.; WOOMER, P. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. **Soil use Management**, Wallingford, v.13, n.4, p.230-244, 1997.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S.; GEBRIM, F.O.; MOREIRA, F.F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.5, p.859-868, 2006.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

PERIN, E.; CERETTA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso e propriedades químicas de dois Latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.665-674, 2003.

PILLON, C.N.; SANTOS, D.C.; LIMA, C.L.R.; ANTUNES, L. O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.3, p.447-453, 2011.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.V.; COSTA, L.M. Propriedade físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.575-585, 2010.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.V.; COSTA, L.M.; SANTOS, B.C. M. Atributos químicos e físicos de um cambissolo háplico Tb distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.249-258, 2008.

RANGEL, O.J P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1609-1623, 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V.H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º aproximação, Viçosa, 1999, 359 p.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; MELO, A.L.P. **Practical guide for SAEG use**. Viçosa: Folha, 2008, 288 p.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, Recife, v.6, n.3, p.474-482, 2011.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.719-727, 2009.

SANTOS, H.P.; SPERA, S.T.; TOMM, R.A.K.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função dos sistemas de cultivo e manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SANTOS, J.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, I.F.; SILVA, D.S.; SANTOS, E.M.; SILVA, A.P.G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na Micro região do brejo Paraibano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2486-2492, 2010.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1321-1331, 2011.

SILVA, L.B.; DICK, D.P.; INDA JUNIOR, A.V. Solos subtropicais de altitude: atributos químicos, teor de matéria orgânica e resistência à oxidação química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1167-1171, 2008.

SILVA, L.S.; CAMARGO, A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre: Evangraf, 2010. 264 p.:il.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JÚNIOR, C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.709-717, 2009.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, Amsterdam, v.74, n.1, p.65-105, 1996.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejo e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.3, p.323-329, 2006.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de Carbono e de Nitrogênio no solo em sistemas de integração agricultura pecuária em plantio direto, submetidos à intensidade de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, E.D.; ELY, S.; COSTA, V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.78-88, 2010.

STEINER, F.; COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.M.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.4, n.1, p.16-28, 2011.

STURMER, S.L K.; ROSSATO, O.B.; COPETTI, A.C.C.; SANTOS, D.R.; BRUM, A. C.B. Variação nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.241-250, 2011.

TEDESCO, J.M.; WOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 156p. Boletim Técnico, 5.

VALLADARES, G.S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M.G. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.631-637, 2011.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

VEZZANI, F.M., MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p.213-223, 2011.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.

ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LANA, R.M.Q; GUIMARÃES, E.C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1000-1007, 2007.

CAPÍTULO II – CARBONO E NITROGÊNIO EM FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO

RESUMO

O carbono e o nitrogênio podem ser acumulados em frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo, o que pode ter implicações na conservação do solo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as mudanças no carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso. A pesquisa foi realizada em áreas de lavouras comerciais localizadas no município de Dourados-MS, onde foram coletadas amostras de solo em dois anos consecutivos (2010 e 2011) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os sistemas de manejo avaliados foram o plantio direto (PD), plantio convencional (PC), sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), pastagem (PAST), eucalipto (EUC), e tendo com referência a vegetação nativa (VN). Foram determinados o carbono e nitrogênio lábil, índice de manejo de carbono e o carbono e nitrogênio das substâncias húmicas. A análise estatística dos estoques C e N nas frações da MOS e no índice de manejo de C do solo foi realizada de acordo com o modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \text{rep}(A)_{ik} + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$. Os estoques de carbono lábil (CL) e nitrogênio lábil (NL) não foram influenciados significativamente pelo ano de coleta das amostradas de solo, sendo que na comparação entre os sistemas de uso do solo, os maiores estoques de CL em ambos os anos avaliados, na camada de 0-10 cm foram observados no SIAP, PD e EUC quando comparados ao PC e a PAST. Todavia o SIAP, PD e EUC não diferiram da VN quanto ao estoque de CL. No estudo das frações húmicas, houve redução de carbono na fração humina (C-HUM) e na fração de ácido húmico (C-AH) com a adoção do PC. Na avaliação do índice de manejo de carbono (IMC) verificou-se efeito significativo do ano de amostragem apenas na camada de 0-10 cm, com redução na segunda coleta de solo no PC. Com relação aos sistemas de uso do solo, o SIAP e o PD proporcionaram índices de manejo de carbono no solo superiores aos da vegetação nativa, evidenciando o potencial conservacionista destes sistemas.

Palavras-chave: substâncias húmicas, carbono lábil, índice de manejo de carbono, plantio direto e sistema de integração agricultura-pecuária.

CARBON AND NITROGEN FRACTIONS IN THE ORGANIC MATTER OF OXISOL UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF USE

ABSTRACT

The carbon and nitrogen can be accumulated in labile and recalcitrant fractions of soil organic matter, which may have implications for soil conservation. Thus, the objective of this study was to evaluate the changes in carbon and nitrogen in organic matter fractions in an Oxisol under different systems of use. The survey was conducted in commercial crop areas located in Dourados-MS, where soil samples were collected in two consecutive years (2010 and 2011), at the depth of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The management systems evaluated were no-tillage (NT), conventional tillage (CT), integrated crop-livestock systems (SIAP), pasture (PAST) and eucalyptus (EUC), having like a reference the native vegetation (NV). It was determined carbon and nitrogen labile, carbon management index and the carbon and nitrogen of humic substances. The statistical analysis of the C and N stocks SOM fractions and in carbon management index of the soil was performed according to the statistical model $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \text{rep}(A)_{ik} + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$. The stocks of labile carbon (CL) and labile nitrogen (NL) were not significantly influenced by the year of the sample soil collection, whereas the comparison between the systems of soil use, the largest stocks of CL in both years evaluated, at the layer of 0-10 cm were observed in the SIAP, NT, and EUC when compared to the CT and PAST. However, the SIAP, NT, and EUC did not differ from the NV stock of CL. In the study of humic fractions, it had reduction of carbon in humin fraction (C-HUM) and in humic acid fraction (C-HA) with the adoption of the CT. In assessing the carbon management index (BMI) verified significant effect of the sampling year only at the layer of 0-10 cm, with reduction in the second collection of soil at CT. With respect to systems of soil use, the SIAP and NT provided higher carbon management index of the soil than the native vegetation, showing the conservationist potential of these systems.

Key-words: humic substances, labile carbon, carbon management index, no-tillage and integrated crop-livestock.

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) faz parte do equilíbrio dos ciclos de carbono (C) e nitrogênio (N), e seu conteúdo tende a encontrar-se em equilíbrio em solos sob vegetação natural (BORTOLON et al., 2009). No entanto, quando os ecossistemas nativos são substituídos por sistemas de uso do solo, o equilíbrio é quebrado e, normalmente, as entradas de carbono são menores do que as saídas, o que conduz à redução da quantidade da matéria orgânica do solo (CARDOSO et al., 2010; COSTA JUNIOR et al., 2011; IAREMA et al., 2011; STURME et al., 2011).

Para acompanhar estas mudanças na quantidade da MOS, estudos têm demonstrado que as frações lábeis e recalcitrantes da MOS são capazes de detectar as mudanças nos conteúdos de C no solo (SILVA et al., 2011). A fração lábil apresenta alta sensibilidade às mudanças causadas pelos sistemas de manejo, além de ser importante na fertilidade do solo por representar um reservatório de nutrientes que podem ser liberados para as plantas em curto prazo (RANGEL e SILVA, 2007; CONTE et al., 2011; SANTANA, et al., 2011; SILVA et al., 2011).

Com relação às frações recalcitrantes, as substâncias húmicas (SHs) têm papel de destaque, pois melhoram a estrutura do solo, a qualidade dos cultivos, aumentam a disponibilidade de fósforo adsorvido na fração argila por bloquear sítios de adsorção, aumentam a superfície específica, a capacidade de troca de cátions e o tamponamento do solo, dando maior estabilidade ao solo, além de atuarem como reservatório de N, P, S e micronutrientes. Neste contexto, as SHs são importantes reguladores funcionais dos processos químicos e biológicos do solo e das plantas, representando um importante indicador da sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; LOSS et al., 2010; PRIMO et al., 2011).

O índice de manejo de carbono, proposto por Blair et al. (1995), também pode ser utilizado para medir as alterações nos estoques de MOS, levando em consideração os aspectos da labilidade da MOS, além disso, permite comparar as mudanças que ocorrem no C orgânico total e no C lábil, em consequência do sistema de uso do solo (VIEIRA et al., 2007; VEZZANI et al., 2009; VERGUTZ et al., 2010; LOSS et al., 2011).

Diversos estudos têm relatado o impacto dos sistemas de uso do solo nos estoques de C e N das frações lábeis e recalcitrantes da MOS. Silva et al. (2011) verificaram em Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa em Maracaju-MS,

que o sistema de integração agricultura-pecuária após oito anos de implantação propiciou estoque de nitrogênio total semelhante ao do sistema sob vegetação nativa, além de proporcionar incrementos nos estoques de carbono orgânico total e nos estoques de carbono e nitrogênio nas frações lábeis e recalcitrantes da MOS, sendo esse sistema capaz de alcançar um novo estado estável, equivalente ao do sistema sob plantio direto com 23 anos de implantação. Além de aumentar o estoque de C, em geral, o uso da pastagem de braquiária em rotação com culturas anuais proporciona índices de manejo de carbono no solo mais próximos aos da vegetação de Cerrado (FONTANA et al., 2006; SOUZA et al., 2010; CONTE et al., 2011; SCHIAVO et al., 2011).

Também trabalhando com Latossolo Vermelho Distroférico em Brasília-DF, Alcântara Neto et al. (2011) observaram que o C da fração leve livre e das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos foram mais sensíveis às alterações no manejo e podem ser adotados como indicadores de mudanças na dinâmica da MOS. Lima et al. (2008) também constataram que o C nas frações leve livre, fração ácido fúlvico, ácido húmico e humina foram indicadores sensíveis às mudanças da MOS quanto comparados com o C da biomassa microbiana e da fração leve oclusa.

A dinâmica das frações da MOS é governada pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo, sendo que para um mesmo clima e tipo de solo, é o sistema de uso que regula a qualidade e quantidade de MOS. O sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo, depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo.

Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as mudanças nos estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso do solo no município de Dourados-MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas de lavouras comerciais localizadas no município de Dourados-MS, nas coordenadas geográficas de 22° 9' 32'' S e 54° 42' 21'' W. com altitude média de 384 m e que, segundo a classificação de Köppen (1948), apresenta clima do tipo Cwa mesotérmico úmido. Os dados de pluviosidade e de temperaturas máximas e mínimas registrados durante o período do estudo estão apresentados na Figura 1.

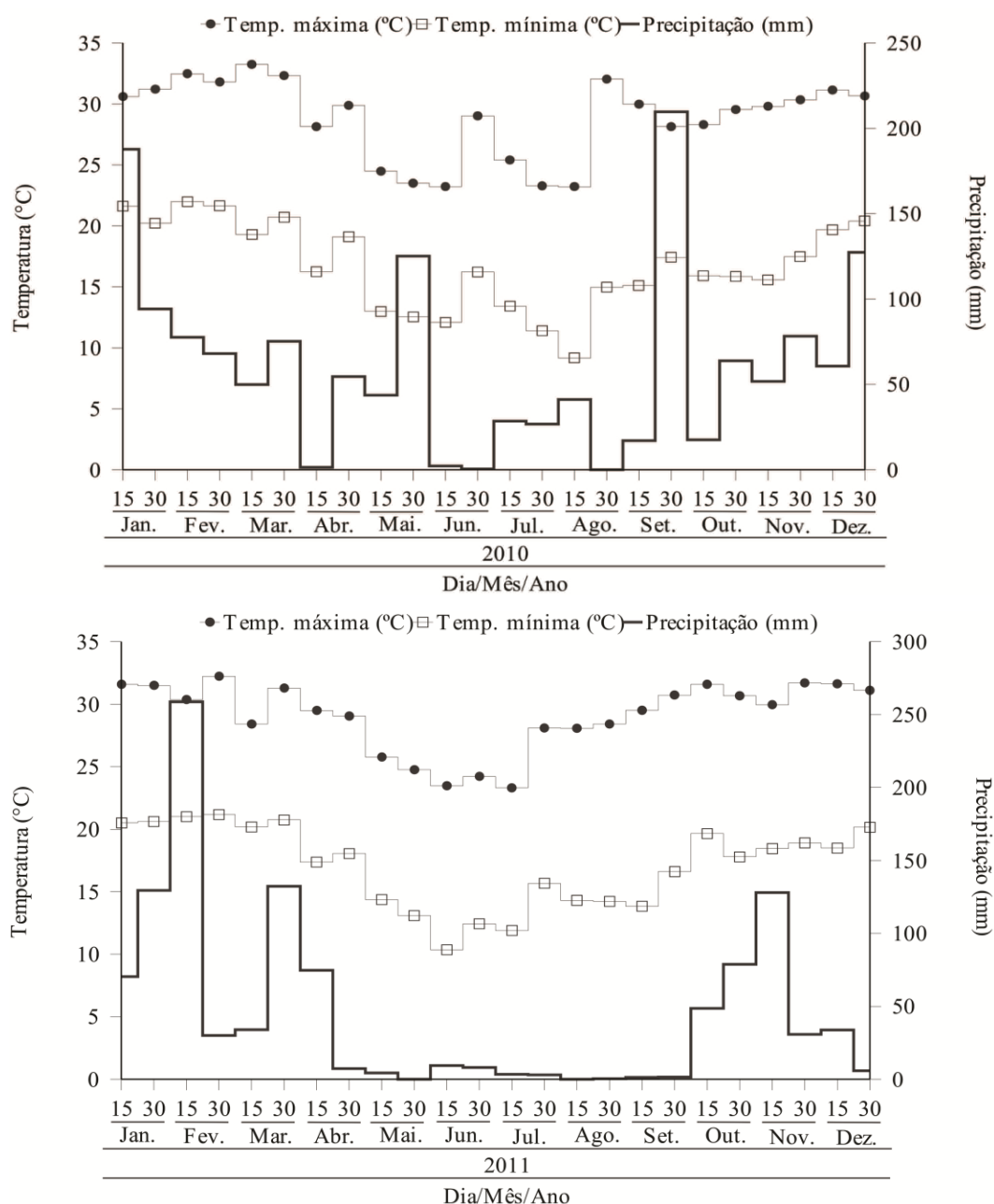


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas nos anos de 2010 e 2011. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados-MS, 2011.

Para avaliar os diferentes sistemas de uso do solo, foram coletadas amostras de solo em seis áreas, distribuídas numa faixa homogênea de solo. Os sistemas de uso avaliados foram o plantio direto (PD), plantio convencional (PC), sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), pastagem (PAST) e o eucalipto (EUC). Como área de referência optou-se pela vegetação nativa. Os históricos destas áreas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Histórico dos sistemas de uso do solo, provenientes de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Histórico das áreas
Vegetação nativa (VN)	Área com vegetação natural, caracterizada como área de reserva que estava separada à distância de 600 m das áreas em estudo.
Pastagem (PAST)	Área ocupada com pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster, estabelecida há 19 anos sob pastejo semi-intensivo com utilização de 0,5 unidade animal (UA) por hectare ano e sem manejo da fertilidade do solo.
Eucalipto (EUC)	Área ocupada anteriormente com pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster por 15 anos, sendo que em 2007 foram plantadas mudas de <i>Eucaliptus grandis</i> . Por ocasião do plantio foi realizada a correção da acidez do solo com 4 t ha ⁻¹ de calcário dolomítico e adubação na cova com 120 g do adubo formulado 8-20-20, apenas no plantio.
Sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP)	Área ocupada anteriormente com lavoura em plantio direto, sendo que em 2005 foi introduzido o SIAP. Na semeadura da soja foi realizada a adubação com 300 kg ha ⁻¹ do adubo formulado 0-20-20. Na implantação da pastagem, foi realizada a adubação com 250 kg ha ⁻¹ do adubo formulado 8-18-18 na pastagem. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda coleta na semeadura da pastagem <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster
Plantio Direto (PD)	Área ocupada com lavoura em plantio direto por 20 anos, cultivada com soja no verão, e milho no inverno (segunda safra), sendo que não se utilizou outra prática para a formação de palhada. Adubação e calagem seguiram as recomendações de cada cultura. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda sob resíduo de milho.
Plantio Convencional (PC)	Área ocupada com plantio convencional há 35 anos, sendo que o preparo do solo é realizado com uma aração e duas gradagens. O sistema de sucessão é semelhante ao plantio direto com soja e milho. Foi realizada correção e adubação de acordo com as necessidades de cada cultura. A primeira coleta de solo foi realizada sob o remanescente do resíduo de pós colheita de soja e a segunda sob resíduo de milho.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com textura argilosa e de topografia predominantemente plana, onde foram coletadas amostras de solo em dois anos consecutivos (fevereiro de 2010 e julho de 2011). Em cada sistema, foram selecionados talhões de quatro hectares, e abertas trincheiras (40 x 40 x 50 cm), onde procedeu-se a retirada das amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm para determinação do carbono e nitrogênio das frações da MOS.

Foram coletadas também amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos metálicos para a determinação da densidade do solo. A análise da densidade e a da textura do solo foi realizada conforme Claessen (1997). As características físicas das áreas em estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Médias da densidade do solo (kg dm^{-3}) e textura em (g kg^{-1}) de um Latossolo Vermelho Distroférico, avaliado em 2010 e 2011, sob diferentes sistemas de uso do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	Densidade (kg dm^{-3})					
	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
VN	1,1	1,3	0,9	1,1	0,9	1,2
PAST	1,4	1,7	1,2	1,4	1,3	1,5
EUC	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5
SIAP	1,6	1,5	1,6	1,7	1,4	1,7
PD	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
PC	1,5	1,7	1,3	1,5	1,4	1,6
	Areia		Silte		Argila	
	-----(g kg^{-1})-----					
	0-30 cm					
VN	141,8		193,6		664,6	
PAST	137,2		360,2		502,6	
EUC	117,7		234,4		647,9	
SIAP	181,9		217,7		600,4	
PD	237,3		337,6		425,1	
PC	171,4		340,3		488,3	

Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional).

Após as coletas, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de fertilidade do solo da Universidade Federal da Grande Dourados, onde foram secas ao ar, destorroadas, trituradas em almofariz e passadas em peneira com malha de 0,210 mm.

Para a determinação do teor de C oxidado por KMnO_4 , doravante denominado carbono lábil (CL), pesou-se 1 g de solo, sendo posteriormente colocados em tubo de centrifuga de 50 mL, juntamente com 25 mL de solução de KMnO_4 ($0,033 \text{ mol L}^{-1}$) (SHANG e TIESSEN, 1997). Esta solução foi agitada em agitador horizontal a 130 rpm por uma hora e centrifugada a 960 g por cinco minutos. Após a centrifugação, pipetou-se 100 μL do sobrenadante em tubos de ensaio e o volume foi completado com 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm, sendo o CL determinado a partir da equação da curva padrão. A curva padrão foi obtida utilizando-se as concentrações de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL da solução de KMnO_4 ($0,033 \text{ mol L}^{-1}$) que foram acondicionadas em balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume restante com água destilada.

Para a determinação do nitrogênio lábil (NL), pipetou-se em um tubo de Kjeldahl, 10 mL da alíquota remanescente no tubo após a centrifugação. Não foi realizada a etapa de digestão, sendo levada direto para destilação, adicionando-se 20 mL de NaOH (10 mol L^{-1}) e, posteriormente, titulada com HCl $0,002 \text{ mol L}^{-1}$. O carbono orgânico total foi determinado segundo o método de oxidação via úmida, com aquecimento externo, descrito por Yeomans e Bremner (1988). O carbono não lábil (CNL) foi determinado pela diferença entre o COT e o CL.

Com base nas mudanças no carbono orgânico total (COT), entre um sistema de referência (vegetação nativa) e cada sistema cultivado, foram calculados os índices de compartimento de carbono (ICC), calculado como: $\text{ICC} = \text{COT cultivado} / \text{COT referência}$. Com base nas mudanças da proporção de CL (labilidade = CL / CNL) no solo, calculou-se o índice de labilidade (IL) por $\text{IL} = \text{L cultivado} / \text{L referência}$. Estes dois índices foram usados para calcular o índice de manejo de carbono (IMC), obtido pela expressão $\text{IMC} = \text{ICC} \times \text{IL} \times 100$, conforme metodologia descrita por Blair et al., (1995).

As substâncias húmicas foram submetidas ao fracionamento baseado na solubilidade diferencial em soluções ácidas e alcalinas, segundo o método da International Humic Substances Society, sendo obtidas as frações húmica, ácidos

húmicos e fúlvicos (SWIFT, 1996). Após o fracionamento, foi determinado o C pelo método descrito anteriormente, e o nitrogênio pelo método de destilação Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985).

Os estoques de carbono e nitrogênio das frações da MOS nos diferentes sistemas de uso do solo e em cada profundidade do solo, foram obtidos por meio da multiplicação do teor (g kg^{-1}) pela massa de solo, em cada profundidade estudada (kg ha^{-1}). A massa de solo foi obtida por meio da multiplicação da espessura de cada camada (m) pela sua densidade (kg dm^{-3}) e o volume de solo (dm^3). Ao final, foi obtido o somatório dos estoques de C e N até a profundidade de 30 cm.

A análise estatística dos estoques C e N nas frações da MOS e no índice de manejo de C do solo foi realizada de acordo com o modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \text{rep}(A)_{ik} + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$. Em que μ : média geral do experimento; A: sistemas de manejo ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$); B: ano ($j=1$ e 2); rep(A): repetições ($k=1, 2, 3, 4, 5$) e ε : erro experimental. No caso de significância na análise de variância, foi utilizado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para a distinção entre médias, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estoques de carbono e nitrogênio lábil e índice de manejo de carbono

Os estoques de carbono lábil (CL), nitrogênio lábil (NL) e índice de manejo de carbono (IMC) em Latossolo Vermelho Distroférico com diferentes sistemas de uso do solo, avaliados em dois anos, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estoque de carbono lábil (CL), nitrogênio lábil (NL) e índice de manejo de carbono (IMC) de um Latossolo Vermelho Distroférico, avaliado em 2010 e 2011 em diferentes sistemas de uso do solo. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	CL (t ha ⁻¹)		NL (t ha ⁻¹)		IMC	
	2010	2011	0-10 cm		2010	2011
VN	3,37 Aa	3,79 Aa	0,37 Aa	0,45 Aa	100 Ba	100 Aa
PAST	3,05 Ba	2,54 Ba	0,32 Aa	0,29 Aa	98 Ba	75 Ba
EUC	3,81 Aa	4,10 Aa	0,39 Aa	0,41 Aa	95 Ba	116 Aa
SIAP	4,19 Aa	3,42 Aa	0,36 Aa	0,32 Aa	125 Aa	98 Aa
PD	3,49 Aa	3,37 Aa	0,36 Aa	0,38 Aa	117 Aa	110 Aa
PC	2,38 Ba	2,71 Ba	0,36 Aa	0,41 Aa	95 Ba	71 Bb
10-20 cm						
VN	1,00 Ba	1,71 Aa	0,15 Ba	0,17 Aa	100 Ba	100 Aa
PAST	1,67 Ba	2,36 Aa	0,24 Aa	0,20 Aa	89 Ba	79 Aa
EUC	1,83 Ba	2,47 Aa	0,21 Ba	0,19 Aa	99 Ba	109 Aa
SIAP	2,50 Aa	2,59 Aa	0,31 Aa	0,23 Aa	121 Aa	115 Aa
PD	2,59 Aa	1,76 Aa	0,29 Aa	0,25 Aa	132 Aa	108 Aa
PC	2,39 Aa	2,30 Aa	0,30 Aa	0,22 Aa	105 Ba	103 Aa
20-30 cm						
VN	1,54 Aa	1,50 Aa	0,11 Ba	0,15 Aa	100 Aa	100 Aa
PAST	1,26 Aa	1,34 Aa	0,27 Aa	0,19 Aa	83 Aa	117 Aa
EUC	1,48 Aa	1,47 Aa	0,16 Ba	0,18 Aa	77 Aa	77 Aa
SIAP	1,30 Aa	1,23 Aa	0,23 Aa	0,17 Aa	110 Aa	124 Aa
PD	1,51 Aa	1,46 Aa	0,28 Aa	0,18 Aa	93 Aa	88 Aa
PC	1,42 Aa	1,39 Aa	0,24 Aa	0,22 Aa	73 Aa	91 Aa
0-30 cm						
VN	5,91 Aa	7,00 Aa	0,63 Aa	0,78 Aa	n.a	n.a
PAST	5,98 Aa	6,24 Aa	0,83 Aa	0,68 Aa	n.a	n.a
EUC	7,12 Aa	8,04 Aa	0,76 Aa	0,78 Aa	n.a	n.a
SIAP	7,99 Aa	7,24 Aa	0,90 Aa	0,72 Aa	n.a	n.a
PD	7,59 Aa	6,59 Aa	0,93 Aa	0,81 Aa	n.a	n.a
PC	6,19 Aa	6,40 Aa	0,90 Aa	0,85 Aa	n.a	n.a

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas referentes aos tratamentos e minúsculas nas linhas referentes ao ano, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional); CL (carbono lábil); NL (nitrogênio lábil); IMC (índice de manejo de carbono); n.a (não se aplica).

Na avaliação dos estoques de CL e NL não houve efeito significativo do ano de amostragem (Tabela 3). Na comparação entre os sistemas de uso do solo na camada superficial (0-10 cm) em 2010, os maiores estoques de CL foram constatados nos sistemas conservacionistas, sendo que a adoção do sistema integração agricultura-pecuária (SIAP) em cinco anos proporcionou aumento de 27,2 e 43,2 % em relação à pastagem (PAST) e ao plantio convencional (PC), enquanto que, no plantio direto (20 anos de implantação) esse aumento foi de 12,6 e 31,8 %, e no eucalipto (EUC) de 19,9 e 37,5 % em comparação a PAST e ao PC, respectivamente. No entanto, o SIAP, PD e o EUC não diferenciaram estatisticamente da vegetação nativa (VN). Em 2011, o SIAP (3,42 t ha⁻¹), PD (3,37 t ha⁻¹) e EUC (4,10 t ha⁻¹) mantiveram estoques semelhantes, permanecendo maiores que o PC e PAST e, similares a VN (Tabela 3).

Os maiores estoques de CL observados no SIAP, PD e EUC, ocorreram provavelmente, devido à maior manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, o que proporciona decomposição lenta do material vegetal depositado sobre o solo. Campos (2010), avaliando a dinâmica do carbono e do nitrogênio em Latossolo Amarelo sob plantio direto e sistema de integração agricultura-pecuária no cerrado piauiense, observou os maiores teores de carbono lábil no plantio direto com cinco anos (0,75 g kg⁻¹), plantio direto com três anos (0,73 g kg⁻¹) e no sistema de integração agricultura-pecuária (0,70 g kg⁻¹) quando comparados ao solo sob cerrado nativo (0,54 g kg⁻¹).

Silva et al. (2011), ao estudarem frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica, em um Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa, em Maracaju-MS, observaram que a adoção do plantio direto por 23 anos e a integração agricultura-pecuária com oito anos de implantação promoveram aumento no teor de CL de 16 e 27%, em comparação à pastagem revolvida e à integração agricultura-pecuária com quatro anos, respectivamente, sendo que ambos os sistemas não diferiram da vegetação nativa.

Em áreas sob cultivo de eucalipto, a manutenção dos resíduos vegetais está associada aos maiores valores da relação C/N da serapilheira que em decorrência da baixa oferta de nitrogênio no sistema reduz a taxa de mineralização dos resíduos (PILLON et al., 2011). Estudando frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita do eucalipto em solos sob tabuleiros costeiros da Bahia, Silva

(2008) observaram que o solo sob cultivo de eucalipto proporcionou incremento de 7,2 % no carbono lábil, com valores similares a mata nativa.

Apesar de reduzir o estoque de CL nas camadas do solo abaixo de 10 cm, o SIAP e o PD permaneceram com os maiores estoques de CL, de modo que na camada de 10-20 cm foram mais elevados que a VN, PAST e EUC, no entanto, não diferiram estatisticamente do PC. No PC, à incorporação do material orgânico pelo uso de implementos agrícolas pode ter contribuído para o aumento do CL. Todavia, no somatório de todo o perfil (0-30 cm) houve uma diluição desses efeitos, não sendo constatadas diferenças significativas entre os sistemas de uso do solo (Tabela 3).

Em relação ao nitrogênio lábil, os maiores estoques foram observados na superfície (0-10 cm). Todavia, nesta profundidade não houve diferenciação estatística entre os tratamentos (Tabela 3). Os maiores estoques de NL na camada superficial ocorrem em função da maior parte do NL do solo apresentar-se ligado a compostos orgânicos (WHIETHOLTER, 2000; SOUZA et al., 2009). A correlação entre o nitrogênio lábil com carbono total e carbono lábil foi relatado por Maia et al. (2003) ao estudarem a disponibilidade de nitrogênio pela oxidação do carbono lábil com permanganato de potássio, os quais observaram que o teor de NL foi maior na superfície do solo em tratamentos com adubação orgânica.

Em 2010, nas camadas de 10-20 cm e 20-30 cm, o EUC foi o sistema com o menor estoque de NL (0,21 e 0,16 t ha⁻¹, respectivamente) juntamente com a VN (0,15 e 0,11 t ha⁻¹, respectivamente) (Tabela 3). Nestes sistemas, a maior quantidade de resíduos é encontrada na superfície do solo em detrimento das camadas mais profundas, o que contribuiu para diminuição dos estoques de NL em profundidade.

Na avaliação do IMC, verificou-se efeito significativo do ano de amostragem apenas na camada de 0-10 cm, com redução na segunda amostragem de solo no PC (Tabela 3). Na comparação entre os sistemas de uso do solo, o SIAP e PD foram superiores aos demais tratamentos em 2010, com IMC de 125 e 117, respectivamente. Na segunda coleta de solo (2011), estes sistemas conservacionistas juntamente com o EUC promoveram os maiores índices de manejo de carbono em relação à PAST e PC, todavia não diferiram estatisticamente da VN. Para a camada de 10-20 cm, houve diferenças estatísticas entre os sistemas de uso do solo apenas em 2010, sendo que novamente foram observados os maiores valores de IMC no SIAP e PD.

Valores de IMC menores a 100 são indicativos negativos das práticas de manejo sobre a matéria orgânica e a qualidade do solo (BLAIR et al., 1995). Por outro lado, IMC superior ou igual ao sistema de referência (MN= 100), como os observados nos sistemas conservacionistas (SIAP e PD) demonstram a capacidade de melhorarem a qualidade do solo (SCHIAVO et al., 2011; SILVA et al., 2011). Maiores valores de IMC em sistemas de manejo conservacionistas são decorrentes do maior aporte de resíduos, proporcionando recuperação parcial do carbono perdido; por sua vez, o manejo inadequado é o fator determinante para baixos valores do IMC (PORTUGUAL et al., 2008).

Rossi (2009), ao estudar a dinâmica da matéria orgânica do solo em Latossolo Vermelho, no município de Montividiu-GO no sistema de plantio direto com soja sobre palhada de braquiária ou sorgo na área de cerrado cultivada, verificou efeito positivo no índice de manejo de carbono, para as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, quando comparado com a área de cerrado nativo. Souza et al. (2009), ao analisar o IMC em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes alturas de pastejo (10, 20 e 40 cm), no Rio Grande do Sul, constataram que em baixas intensidades de pastejo (40 cm) e intensidade moderada (20 cm), que o IMC foi de 100 e 107, respectivamente, demonstrando que essas áreas têm mantido a labilidade da matéria orgânica de forma semelhante à da área de referência (sem pastejo), enquanto que na maior intensidade de pastejo (10 cm de altura) esse índice foi bastante inferior (65).

Para a profundidade abaixo de 20 cm, em ambos os anos avaliados, o IMC não foi alterado significativamente pelos sistemas de uso do solo, possivelmente em decorrência da baixa eficiência do carbono lábil em detectar mudanças no uso do solo nesta camada, o que influenciou também o IMC calculado a partir do CL.

3.2. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações recalcitrantes da MOS

Com relação às frações recalcitrantes da MOS, houve predominância de carbono na fração humina (HUM), em comparação às frações de ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF), independentemente dos sistemas de uso do solo e profundidades analisadas (Tabela 4).

Tabela 4. Estoque de carbono das frações húmicas de um Latossolo Vermelho Distroférico em diferentes sistemas de uso do solo, avaliado em 2010 e 2011. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	C-HUM (t ha ⁻¹)		C-AH (t ha ⁻¹)		C-AF (t ha ⁻¹)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
	0-10 cm					
VN	30,08 Aa	29,59 Aa	13,2 Aa	9,89 Aa	4,73 Aa	4,45 Aa
PAST	25,06 Aa	25,84 Aa	8,75 Ba	8,55 Ba	3,60 Ba	3,33 Aa
EUC	25,07 Aa	24,11 Aa	6,20 Ca	7,47 Ca	3,20 Ca	3,84 Aa
SIAP	27,98 Aa	26,22 Aa	7,78 Ba	9,59 Aa	4,56 Aa	4,21 Aa
PD	26,60 Aa	23,87 Ab	7,09 Ba	7,99 Ba	2,91 Ca	2,77 Ba
PC	26,10 Aa	18,88 Bb	5,44 Ca	7,36 Ca	3,47 Ba	1,92 Bb
	10-20 cm					
VN	22,85 Aa	24,11 Aa	8,51 Ab	10,5 Aa	2,89 Aa	3,63 Aa
PAST	20,16 Aa	20,69 Ba	5,63 Bb	8,22 Ba	2,71 Aa	3,59 Aa
EUC	20,82 Aa	19,96 Ba	5,39 Ba	5,55 Ca	1,62 Aa	2,64 Ba
SIAP	20,55 Aa	19,43 Ba	6,28 Ba	6,54 Ca	3,31 Aa	2,84 Ba
PD	21,38 Aa	19,18 Ba	6,35 Ba	6,35 Ca	2,92 Aa	2,11 Ba
PC	20,49 Aa	19,44 Ba	4,65 Bb	6,88 Ca	2,74 Aa	1,66 Bb
	20-30 cm					
VN	15,89 Aa	15,07 Aa	5,27 Ab	7,25 Aa	2,29 Ba	2,43 Ba
PAST	15,86 Aa	17,19 Aa	5,37 Ab	7,71 Aa	2,25 Ba	2,19 Ba
EUC	18,14 Aa	17,89 Aa	4,78 Ab	6,36 Aa	2,20 Ba	2,26 Ba
SIAP	15,02 Aa	16,43 Aa	4,49 Ab	6,65 Aa	3,04 Aa	3,02 Aa
PD	16,32 Aa	16,53 Aa	4,32 Ab	6,39 Aa	3,66 Aa	3,20 Aa
PC	16,51 Aa	17,93 Aa	3,03 Bb	4,60 Ba	3,26 Aa	2,28 Bb
	0-30 cm					
VN	68,82 Aa	65,77 Aa	26,96Aa	27,66Aa	9,91 Aa	10,5 Aa
PAST	61,09 Aa	63,73 Aa	19,74Bb	24,48Ba	8,56 Aa	9,11 Aa
EUC	64,04 Aa	61,97 Aa	16,38Bb	19,38Ca	7,02 Ba	8,74 Aa
SIAP	63,55 Aa	62,09 Aa	18,55Bb	22,78Ba	10,9 Aa	10,0 Aa
PD	64,30 Aa	56,59 Aa	17,76Bb	20,73Ca	9,49 Aa	8,07 Aa
PC	63,10 Aa	56,26 Aa	13,12Cb	18,84Ca	9,47 Aa	5,87 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas referentes aos tratamentos e minúsculas nas linhas referentes ao ano, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para tratamento e ano, respectivamente. Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional); C-HUM (estoque de carbono na fração húmica); C-AH (estoque de carbono na fração ácido húmico); C-AF (estoque de carbono na fração ácido fúlvico).

Demais estudos, ao realizarem o fracionamento químico das substâncias húmicas, também constataram predomínio de carbono na fração humina (ASSIS et al., 2006; BARRETO et al., 2008; LOSS et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011; FONTANA et al., 2011; ROSSI et al., 2011).

A predominância da fração humina no solo provavelmente está relacionada à sua insobulidade e resistência à degradação microbiana, favorecida pela formação de complexos argilo-húmicos estáveis (DIAS et al., 2007; GRINHUT et al., 2007). A composição mineralógica da fração argila do solo em estudo, que possui na sua constituição óxidos e hidróxidos de Fe e de Al, favorecem as interações organo-minerais, aumentam a proteção dos grupos funcionais de fácil decomposição da fração humina e contribuem para elevar seu estoque de carbono (SPARKS, 2001; DIAS et al., 2007; DICK et al., 2003, 2008; EBELING et al., 2011).

Analisando os estoques de C na fração humina (C-HUM) observou-se alterações no ano de coleta do solo (2010 e 2011) para o PD (26,60 e 23,87 t ha⁻¹) e PC (26,10 e 18,88 t ha⁻¹), sendo essa diferença restrita à camada de 0-10 cm (Tabela 4). Na comparação entre os sistemas de uso do solo, houve diferença significativa entre os tratamentos apenas em 2011, sendo a maior redução de C-HUM observada no PC com cerca de 27,9, 20,9 e 36,2 % em relação ao SIAP, PD e VN, na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, o maior estoque de C-HUM foi observado na área de referência (VN). Todavia, não foram constadas diferenças significativas entre os sistemas no somatório de todo o perfil do solo (0-30 cm) (Tabela 4).

No sistema de plantio convencional, o revolvimento do solo propicia maior decomposição da MOS, devido à maior entrada de oxigênio e consequente aumento da atividade microbiana, resultando na supressão dos estoques de carbono na forma mais estável (C-HUM) (PINHEIRO et al., 2003; BARRETO et al., 2008; ROSA et al., 2008; LOSS et al., 2010). Na área de vegetação nativa, os maiores estoques de C-HUM podem ser decorrentes da maior produção de serapilheira, associada a menor taxa de decomposição da matéria orgânica do solo.

Na análise do efeito do ano de coleta do solo sobre o carbono presente nos ácidos orgânicos, observou-se, em relação ao ácido húmico, diferença significativa entre os tratamentos somente para camadas abaixo de 10 cm, sendo a VN, PAST e PC os sistemas que apresentaram os menores estoques na primeira coleta (2010) para a camada de 10-20 cm.

De modo que, para o C-AH, independente do ano de amostragem do solo, os maiores estoques foram verificados na profundidade de 0-10 cm, refletindo a menor mobilidade desta fração no solo. Resultados semelhantes foram observados por Barreto et al. (2008) que, ao realizarem o fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos, constataram que a fração de ácido húmico foi menos móvel no solo em comparação às demais frações húmicas, concentrando-se nas camadas superiores. Com efeito, trata-se de uma fração insolúvel em meio ácido, característica frequente em regiões de solos tropicais e subtropicais, como destacaram Souza e Melo (2003).

Na comparação entre os sistemas de uso do solo em 2010, a permanência do PC como sistema de manejo causou redução de 30,1 e 23,3 % no estoque de C-AH em relação ao SIAP e PD, respectivamente. Em 2011, permaneceu a mesma tendência com redução de 23,3 e 7,9 % no estoque de C-AH em relação ao SIAP e PD, respectivamente, na camada superficial (0-10 cm), sendo que nesse ano de amostragem, o SIAP foi o que mais se destacou entre todos os sistemas de uso do solo igualando-se a VN (Tabela 4). O maior estoque de C-AH, verificado no SIAP demonstra o potencial deste sistema de acumular C nas frações mais recalcitrantes da matéria orgânica do solo.

A redução do estoque de C-AH permaneceu na profundidade de 20-30 cm, sendo o PC o sistema que obteve o menor estoque C-AH (3,03 e 4,60 t ha⁻¹ na 1^o e 2^o coleta, respectivamente) em relação aos demais sistemas em estudo. A redução no estoque de C-AH no PC pode estar associada às práticas agrícolas realizadas, o que pode estar intensificando a mineralização da matéria orgânica, desfavorecendo a síntese dos ácidos húmicos. Resultados semelhantes foram constatados por Loss et al. (2006) estudando a distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais, verificaram que na área submetida ao manejo convencional, as práticas agrícolas resultaram em drásticas perdas na fração de ácido húmico e fúlvico.

Na análise do ano de coleta do solo, para o C do ácido fúlvico (C-AF) houve redução significativa na segunda coleta de solo no sistema de plantio convencional para todas as profundidades estudadas. Na comparação entre os sistemas de uso do solo, observou-se na camada de 0-10 cm, que o sistema de manejo conservacionista que mais se destacou foi o SIAP, com aumento no C-AF de 36,2 e 34,2 % em 2010 e 2011, respectivamente em relação ao PD. Na camada de

20-30 cm, os maiores estoques de C-AF foram observados no SIAP, PD e PC para a primeira coleta de solo. Na segunda coleta, o SIAP e PD novamente foram superiores em relação aos demais sistemas de uso.

Assim como observado para o C das frações húmicas, o maior estoque de N também foi obtido na fração humina (Tabela 5). Outros trabalhos também constataram o predomínio de nitrogênio nesta fração (MAIA, et al., 2008; PULROLNIK, et al., 2009; SILVA et al., 2011), evidenciando assim a maior estabilidade desta fração no solo.

Em relação ao ano de amostragem, não foi observada diferença significativa para o N presente na fração humina (N-HUM), de modo que as diferenças entre os sistemas de uso ficaram restrita à camada de 10-20 cm com os maiores estoques observados para o PD (1,54 t ha⁻¹) e PC (1,22 t ha⁻¹), ambos não diferindo da área de vegetação nativa em 2010. Todavia, neste mesmo ano, no somatório de todo o perfil (0-30 cm), esses efeitos foram diluídos, de modo que, o menor estoque de C-HUM foi observado na área de PAST. Na coleta do ano seguinte no somatório do perfil do solo (0-30 cm), o PC foi o sistema que mais se destacou (4,25 t ha⁻¹), provavelmente, apesar de não significativo, esse efeito seja devido ao maior estoque em camadas mais profundas (Tabela 5).

Na análise das épocas de coleta para o N presente nos ácidos orgânicos, observou-se diferença significativa entre os sistemas de uso do solo apenas nas camadas abaixo de 10 cm. Para o nitrogênio presente no ácido fúlvico (N-AF), verificou-se que o teor deste elemento nesta fração é muito variável de acordo com o tratamento e profundidade analisada, não sendo as tendências bem definidas.

Em relação ao estoque de N-AH observou-se na primeira coleta, na profundidade de 0-10 cm, que todos os sistemas de cultivo foram menores que à VN (1,43 t ha⁻¹), todavia, no ano seguinte, não permaneceram essas diferenças sendo todos os tratamentos iguais estatisticamente. Na camada abaixo de 10 cm, as diferenças ficaram restritas à primeira coleta, sendo que no somatório de todo o perfil (0-30 cm) a adoção do PC ocasionou redução no N-AH de 46,8, 26,2 e 22,7 % em relação à VN, SIAP e PD. O menor aporte de material orgânico aliado à possível menor atividade biológica na síntese de substâncias húmicas mais condensadas podem explicar a redução no N-AH em comparação à área de VN, SIAP e PD.

Com relação ao estoque e N do ácido fúlvico (N-AF), observou-se na primeira coleta de solo, que a implantação do SIAP promoveu incremento no estoque

N-AF em 46,6 % em relação à PAST (0-10 cm), demonstrando que a rotação com leguminosa auxilia também na humificação da MOS. Além disso, quando comparado aos demais sistemas, o SIAP promoveu aumento de 35,6 e 42,2% em relação ao PD e PC, respectivamente, não diferindo da MN (Tabela 5). No somatório de todo o perfil (0-30 cm) no ano de 2010 apesar de menor que a VN, o SIAP promoveu incrementos de N-AF em relação ao PD, PAST e EUC, não diferindo do PC.

Tabela 5. Estoque de nitrogênio das frações húmicas de um Latossolo Vermelho Distroférico em diferentes sistemas de uso do solo, avaliado em 2010 e 2011. Dourados-MS, 2011.

Sistemas de uso do solo	N-HUM (t ha ⁻¹)		N-AH (t ha ⁻¹) 0-10 cm		N-AF (t ha ⁻¹)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
VN	1,73 Aa	1,43 Aa	1,43 Aa	1,23 Aa	0,45 Aa	0,22 Ab
PAST	1,04 Aa	1,38 Aa	0,85 Ba	0,87 Aa	0,24 Ba	0,29 Aa
EUC	1,66 Aa	1,55 Aa	0,86 Ba	0,84 Aa	0,21 Bb	0,33 Aa
SIAP	1,73 Aa	1,54 Aa	0,84 Ba	1,01 Aa	0,45 Aa	0,24 Ab
PD	1,67 Aa	1,49 Aa	0,76 Ba	1,07 Aa	0,29 Ba	0,28 Aa
PC	1,69 Aa	1,68 Aa	0,64 Ba	0,95 Aa	0,26 Ba	0,23 Aa
10-20 cm						
VN	1,64 Aa	1,46 Aa	0,97 Ab	1,27 Aa	0,28 Aa	0,22 Ab
PAST	0,87 Ca	1,10 Aa	0,93 Aa	1,06 Aa	0,17 Aa	0,20 Aa
EUC	1,17 Ba	0,69 Aa	0,56 Cb	0,94 Aa	0,19 Aa	0,22 Aa
SIAP	1,16 Ba	1,03 Aa	0,75 Bb	0,92 Aa	0,22 Aa	0,22 Aa
PD	1,54 Aa	1,08 Aa	0,79 Ba	0,94 Aa	0,23 Ab	0,28 Aa
PC	1,22 Aa	1,34 Aa	0,56 Cb	0,94 Aa	0,28 Aa	0,26 Aa
20-30 cm						
VN	0,58 Aa	0,61 Aa	0,64 Aa	0,66 Aa	0,19 Ab	0,26 Aa
PAST	0,88 Aa	0,98 Aa	0,46 Ba	0,67 Aa	0,21 Aa	0,26 Aa
EUC	0,89 Aa	0,98 Aa	0,64 Aa	0,66 Aa	0,19 Ab	0,25 Aa
SIAP	0,87 Aa	0,95 Aa	0,47 Ba	0,69 Aa	0,11 Bb	0,27 Aa
PD	1,01 Aa	1,19 Aa	0,46 Bb	0,87 Aa	0,12 Bb	0,24 Aa
PC	1,06 Aa	1,23 Aa	0,32 Bb	0,96 Aa	0,16 Ba	0,21 Aa
0-30 cm						
VN	3,95 Aa	3,50 Ba	3,04 Aa	3,16 Aa	0,92 Aa	0,70 Aa
PAST	2,79 Ba	3,46 Ba	2,42 Aa	2,61 Aa	0,62 Cb	0,75 Aa
EUC	3,72 Aa	3,22 Ba	2,05 Ba	2,44 Aa	0,59 Ca	0,79 Aa
SIAP	3,76 Aa	3,52 Ba	2,06 Bb	2,63 Aa	0,78 Ba	0,73 Aa
PD	4,22 Aa	3,76 Ba	2,02 Bb	2,88 Aa	0,64 Cb	0,80 Aa
PC	3,97 Aa	4,25 Aa	1,52 Cb	2,85 Aa	0,74 Ba	0,70 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas referentes aos tratamentos e minúsculas nas linhas referentes ao ano, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para tratamento e ano, respectivamente. Legenda: VN (vegetação nativa); PAST (pastagem); EUC (eucalipto); SIAP (sistema de integração agricultura-pecuária); PD (plantio direto); PC (plantio convencional); N-HUM (estoque de nitrogênio na fração húmica); N-AH (estoque de nitrogênio na fração ácido húmico); N-AF (estoque de nitrogênio na fração ácido fúlvico).

4. CONCLUSÕES

1- A adoção de sistemas conservacionistas como o sistema de integração agricultura-pecuária (SIAP), plantio direto (PD) e o eucalipto (EUC) promoveram aumento nos estoques de CL, principalmente nas camadas superficiais do solo.

2- O SIAP e o PD proporcionaram índices de manejo de carbono no solo superiores aos da vegetação nativa, evidenciando o potencial conservacionista destes sistemas de uso do solo.

3- Independente do ano de amostragem do solo, a fração recalcitrante da matéria orgânica do solo que mais contribuiu para o estoque de carbono e nitrogênio nos diferentes sistemas de uso foi a humina.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F.; LEITE, L.F.C.; ARNHOLD, E.; MACIEL, G.A.; CARNEIRO, R.F.V. Compartimento de carbono em Latossolo Vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.849-856, 2011.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇAS, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, v.41, n.1, p.103-114, 2011.

ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; SÁ MENDONÇA, E.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, 2006.

BARRETO, A.C.; FREIRE, M.B.G.S.; NACIF, P.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.4, p.1471-1478, 2008.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. 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**, Melbourne, v.46, n.7, p.1459-1466, 1995.

BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1635-1646, 2009.

CAMPOS, L.P. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio em um Latossolo Amarelo sob plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado do Piauí**. 2010. 80 p. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN,R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.579-587, 2011.

COSTA JÚNIOR, C.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e ¹³C em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1241-1252, 2011.

DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; SOARES, E.M.B.; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.701-711, 2007.

DICK, D.P.; SANTOS, J.H.Z.; FERRANTI, E.M. Chemical characterization and infrared spectroscopy of soil organic matter from two Southern Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.29-39, 2003.

DICK, D.P.; SILVA, L.B.; INDA, A.V.; KNICKER, H. Estudo comparativo da matéria orgânica de diferentes classes de solos de altitude do Sul do Brasil por técnicas convencionais e espectroscópicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2289-2296, 2008.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PINHEIRO, E.F.M.; VALLADARES, G.S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.157-165, 2011.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.847-853, 2006.

FONTANA, A.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BRITO, R.J.; BENITES, V. M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de mata atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n.3, p. 545-550, 2011.

GRINHUT, T.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms. **Fungal Biology Reviews**, Israel, v.21, n.4, p.179-189, 2007.

IAREMA, A.A.; FONTE, L.E.F.; FERNANDES, R.B.A.; SCHAEFER, E.G.R.; PEREIRA, L.C. Qualidade física e química do solo em áreas de exploração florestal no Mato Grosso. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.737-744, 2011.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.; DEMOLINARI, M.S.M.; LEITE, F.P. Frações da matéria orgânica no solo após três décadas de cultivo de eucalipto no vale do Rio Doce-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1053-1063, 2008.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BRITO, R.J. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista da Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v.26, n.1, p. 57-69, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e época de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.913-922, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, Chile, v.29, n.2, p.11-19, 2011.

MAIA, C.E.; CANTARUTTI, R.B. Disponibilidade de nitrogênio pela oxidação do carbono lábil com permanganato de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.489-493, 2003.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; FILHO, J.A. Frações de nitrogênio em luvisolos sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.381-392, 2008.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras:Editora UFLA, 2006. 729p.

PILLON, C.N.; SANTOS, D.C.; LIMA, C.L.R.; ANTUNES, L. O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.3, p.447- 453, 2011.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI, F.; SOUZA, R. Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.1, p.53-56, 2003.

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.2091-2100, 2008.

PRIMO, D.C.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, T.O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, Sergipe, v.7, n.5, p.1-13, 2011.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no valo do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.5, p.1125-1136, 2009.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1609-1623, 2007.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; DE MELO, A.L.P. **Practical guide for SAEG use**. Viçosa: Folha, 2008, 288 p.

ROSA, C.M.R.; CASTILHO, R.M.V.; DICK, D.P.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. Teor e qualidade de substância húmicas de planossolo sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1589-1595, 2008.

ROSSI, C.Q. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 72 p. Dissertação de Mestrado-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.622-630, 2011.

SANTANA, G.S.; DICK, D.P.; JACQUES, A.V.A.; CHITARRA, G.S. Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo Subtropical sob diferentes sistemas de manejo de pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p. 461-472, 2011.

SCHIAVO, J.A.; ROSSET, J.S.; PEREIRA, M.G.; SALTON, J.C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1332-1338, 2011.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in tropical Oxisol: Evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v.162, n.11, p.795-807, 1997.

SILVA, E.F. **Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solos sob tabuleiros costeiros da Bahia**. 2008. 110 p. Tese de Doutorado-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n.10, p.1321-1331, 2011.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de Carbono e de Nitrogênio no solo em sistemas de integração agricultura pecuária em plantio direto, submetidos à intensidade de pastejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, E.D.; ELY, S.; COSTA, V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.78-88, 2010.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p. 1113-1122, 2003.

SPARKS, D.L. Elucidating the fundamental chemistry of soils: Past and recent achievements and future frontiers. **Geoderma**, Amsterdam, v.100, n.3, p.303-319, 2001.

STURMER, S.L.K.; ROSSATO, O.B.; COPETTI, A.C.C.; SANTOS, D.R.; BRUM, A. C.B. Variação nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.241-250, 2011.

SWIFT, R.S. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. In. SPARKS, D. L. et al.(Eds.) **Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods**. Soil Science Society America Books, Madison, 1996. p. 1018-1020.

TEDESCO, J.M.; WOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 156p. Boletim Técnico, 5.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; BARROS, N.F.; NUNES, T.N.; PIAU, A.A.M. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.43-57, 2010.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, 2009.

VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; HE, Z.L. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in na Acrisol under longterm no-till cropping systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.96, n.1, p.195-204, 2007.

WHIETHOLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.58, n.1, p.38-42, 2000.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.