

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE MUNDO NOVO
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

CARLA APARECIDA DA SILVA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO
EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO MUNICÍPIO
DE ELDORADO, MS**

Mundo Novo - MS

Outubro/2017

CARLA APARECIDA DA SILVA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO
EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO MUNICÍPIO
DE ELDORADO, MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset

Mundo Novo – MS

Outubro/2017

CARLA APARECIDA DA SILVA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO
EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO MUNICÍPIO
DE ELDORADO, MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

APROVADO EM 30 de outubro de 2017

Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset - Orientador – UEMS



Prof. Dr. Leandro Marciano Marra – UEMS



Prof. Dr. Selene Cristina de Pierri Castilho – UEMS



Dedico este trabalho à memória de meu avô.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi Ele quem me deu forças, esperança e sabedoria durante todo o trabalho.

Agradeço a meu querido orientador Jean Sérgio Rosset, por toda paciência, apoio e motivação que me deu, para que esse trabalho fosse realizado da melhor maneira possível. E também a todo corpo docente da UEMS/ Unidade de Mundo Novo, pela dedicação que tem com todos os alunos.

A minha família, que me apoiou desde o início, em especial a meus pais Carlos José da Silva e Janete Silva de Lima, os responsáveis pela minha dedicação aos estudos, pois são a minha base e meu espelho.

A meus amigos, que estiveram ao meu lado durante todos os anos corridos, que suportaram minha ausência em alguns momentos e que acreditam no meu sucesso. Agradeço em especial meu amigo Douglas Troian, o qual me auxiliou de grandemente durante a execução deste trabalho.

“Se não podes entender, crê para que entendas. A fê precede, o intelecto segue.”

(Santo Agostinho)

RESUMO

Dentre os indicadores de qualidade do solo, como potencial Hidrogeniônico (pH), textura e capacidade de troca catiônica (CTC), o carbono orgânico total (COT) traz resultados precisos sobre a qualidade edáfica dos sistemas manejados e naturais. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os teores de COT e os estoques de carbono (C) em diferentes sistemas de manejo no município de Eldorado, região do Cone Sul do Mato Grosso do Sul. Foram estudadas quatro áreas: pastagem plantada (PP), área de sistema plantio direto (SPD) na sucessão soja-milho e mandioca, área de cultivo de cana-de-açúcar (CA) e mata nativa (MN). A coleta de amostras de solos deformadas e indeformadas foi realizada nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,1, 0,1-0,2 m. Em laboratório foram determinados os valores de densidade do solo (Ds) e a quantificação do COT, com posteriores cálculos do estoque de carbono (EstC), variação de estoque de C (Δ EstC) e índice de estratificação (IE) do carbono orgânico. As três áreas manejadas apresentaram valores superiores de Ds quando comparadas a área de mata na camada de 0-0,05 m, chegando a 1,52 Mg m⁻³ na área de cana-de-açúcar, evidenciando compactação do solo. A área de mata nativa apresentou maiores teores de COT nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,1 m, chegando a 25,40 g kg⁻¹ na camada superficial, sendo a área de pastagem superior à mata nativa na camada de 0,1-0,2 m. Não houve diferenças no IE entre as áreas manejadas, sendo menores da área de mata nativa. Os valores de EstC de maneira geral se apresentam semelhantes entre as áreas com diferenças significativas nas camadas de 0-0,05 e 0,1-0,2 m. Verificou-se redução do EstC em todas as áreas manejadas, especialmente na camada de 0-0,05 m, indicando maior susceptibilidade da oxidação do C nesta camada do solo quando do manejo em suas diversas formas, sendo essa observação negativa maior na área de cana-de-açúcar, na qual é exposta um número maior de práticas de revolvimento do solo, seguido das áreas de SPD e pastagem. A pastagem apresentou variação positiva do EstC na camada de 0,1-0,2 m, demonstrando potencial de acúmulo de C em profundidade com a implantação continuada de espécies gramíneas. Para o perfil de 0-0,2 m, somente a área de cana-de-açúcar apresentou variação negativa. Por tanto, as áreas manejadas apresentam menores teores e estoques de carbono orgânico total, em especial a área de cultivo de cana-de-açúcar, além de maiores valores de densidade do solo, apresentando assim menor qualidade do ambiente edáfico.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Índice de estratificação de carbono. Sustentabilidade

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Localização, clima e solo da área estudada	10
3.2. Sistemas avaliados e histórico de uso	11
3.3. Coleta de amostras de solo	13
3.4. Análises realizadas	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Caracterização física e química das áreas.....	15
4.2. Densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EstC) ..	15
4.3. Índice de estratificação de carbono (IE).....	19
4.4. Variação no estoque de carbono	20
5. CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

O solo é fonte abundante de recursos naturais. Além de sequestrar e estocar carbono (C) fornece e abriga grande parte da biodiversidade do planeta. A estocagem de C no solo pode variar de acordo com o manejo adotado em diferentes condições edafoclimáticas, de acordo com as condições de relevo, tipo de solo e manejo adotado (RANGEL et al., 2008) e a profundidade amostrada (MARQUES et al., 2016).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante componente para melhoria da qualidade edáfica em decorrência da sua influência e de seus efeitos favoráveis nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. O carbono orgânico total do solo (COT) é um dos componentes principais da MOS, sendo considerado um dos principais indicadores de qualidade do solo (QS), desta forma, sua avaliação precisa se faz importante para verificar a sustentabilidade dos mais diferentes agroecossistemas e ecossistemas naturais. Por ser um atributo de fácil e rápida mensuração, e pelo fato de correlacionar-se a outros atributos do solo, o COT é indicador chave para verificar QS em função da adoção das mais variadas práticas de manejo regionalizadas (JERKE et al., 2012).

Com maior conhecimento sobre os atributos edáficos, a exemplo da quantidade e qualidade do carbono da MOS sob diferentes formas de manejo e culturas instaladas, é possível identificar sistemas de manejo que contribuem de forma significativa para manutenção e aumento da produtividade das áreas e também que tragam menores impactos ambientais dentro e fora da propriedade rural (COSTA et al., 2008). Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo que promovam o aumento do estoque de C no solo com consequências positivas, ao longo dos anos, em outros atributos edáficos. Assim, estudos visando à identificação da quantidade e também das diferentes formas de C do ambiente edáfico sob diferentes sistemas de manejo adotados, sejam eles com maior ou menor grau de perturbação do perfil do solo, fornecem subsídios importantes para a avaliação da QS (FREITAS et al., 2000).

O revolvimento contínuo e intenso do solo, como nas áreas sob cultivo convencionais, com a adoção de sistemas agrícolas baseados em monocultura ou em sucessões contínuas de culturas ainda adotadas em várias regiões brasileiras, tem resultado na diminuição da qualidade física, química e biológica dos solos (CALEGARI et al., 2006). O sistema plantio direto (SPD) surgiu no estado do Paraná como alternativa ao manejo convencional com preparo do solo e atingiu grande expansão na área plantada a partir do

início da década de 1990 (SCHIAVO et al., 2011). Áreas agrícolas implantadas com sistemas conservacionistas de manejo, contribuem para a diminuição da incorporação dos resíduos vegetais depositados sobre a superfície do solo e a ruptura dos agregados, podendo, desta forma, conservar ou aumentar os estoques de C e nitrogênio (N) mesmo em regiões de clima tropical (HALVORSEN et al., 2002 WEST; POST, 2002). No Brasil, estudos evidenciam que os solos sob SPD, têm acumulado MOS, indicando que esse sistema pode servir como dreno de C atmosférico e, desta forma, além dos benefícios para a qualidade edáfica ao longo do tempo, contribuir para a mitigação da emissão dos gases de efeito estufa (GEEs) (BAYER et al., 2008).

A adoção do SPD tem-se apresentado como alternativa viável contra a perda contínua de MOS, contribuindo para assegurar a sustentabilidade das diferentes formas de uso agrícola do solo (ROSSETTI; CENTURION, 2015). Com o revolvimento somente na linha de plantio, a quantidade e o manejo de resíduos culturais adicionados pelas culturas envolvidas no sistema de rotação (BODDEY et al., 2010), podem favorecer o acúmulo de C orgânico em virtude da proteção física da MOS realizada pelos agregados (SALTON et al., 2008), que varia conforme o clima, tipo de solo, entre outros fatores a serem considerados (HICKMANN; COSTA, 2012).

No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar é um dos mais importantes, devidos aos aspectos de área de abrangência, econômico, ambiental e social. No âmbito da economia, essa cultura assume sua importância devido à geração de energia através da produção de etanol e do uso da palhada e, especialmente na produção industrial. Nesse último fator destaca-se a produção de etanol, um concorrente direto dos combustíveis fósseis. Do ponto de vista ambiental, se adotado um manejo racional, o cultivo da cana-de-açúcar proporciona a mitigação das emissões dos GEEs (MMA, 2007) e, até mesmo no microclima local e regional (LAPOLA et al., 2013).

As pastagens cobrem a maior parte de toda a área agricultável do globo terrestre (FOLEY et al., 2011). No Brasil, as pastagens ocupam cerca de três quartos da área agrícola nacional, ou seja, estima-se que o Brasil tenha cerca de 164 milhões de hectares de pastagens cultivadas, no entanto, cerca de 50% desse total se encontram em algum estágio de degradação, desde perda do vigor do pasto à alterações severas nos atributos edáficos, com consequentes níveis de produtividade de forragem bastante baixos, reflexos da degradação, resultante de manejo inadequado tanto da forragem quanto do solo (MMA, 2007).

A degradação da pastagem faz com que haja redução na produtividade, perda de MOS e emissão de dióxido de carbono (CO₂) para atmosfera. Acredita-se que com um manejo adequado as pastagens podem contribuir significativamente no combate ao aumento do efeito estufa potencializando o sequestro de C pelo solo (D'ANDREA et al., 2004, SANO et al., 2010). Ainda não existem dados conclusivos a respeito da quantidade de C que é liberada com a substituição de mata nativa por pastagens em escala regional e local, nem mesmo sobre a quantidade de C que é mantida nos diversos compartimentos desse novo ambiente, principalmente no solo (COSTA et al., 2009).

Em diferentes regiões brasileiras, como a região Cone Sul do estado de Mato Grosso do Sul, se faz importante a avaliação da QS dos sistemas de manejo utilizados, tendo em vista a maior suscetibilidade a degradação dos solos desta região. Desta forma, a avaliação da qualidade do solo mediante a quantificação do COT em áreas com histórico de cultivo avançado podem trazer resultados precisos e conclusivos sobre a qualidade edáfica da região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores e estoques de carbono orgânico total do solo em diferentes sistemas de manejo no município de Eldorado, Mato Grosso do Sul.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar a densidade das diferentes áreas estudadas.

Caracterização química e física do solo.

Quantificar os teores e estoques de carbono orgânico total do solo.

Averiguar o padrão de distribuição do carbono orgânico total na camada arável do solo em função do índice de estratificação e da variação do estoque de carbono.

Comparar a qualidade da fração orgânica do solo das áreas manejadas em relação à área de referência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

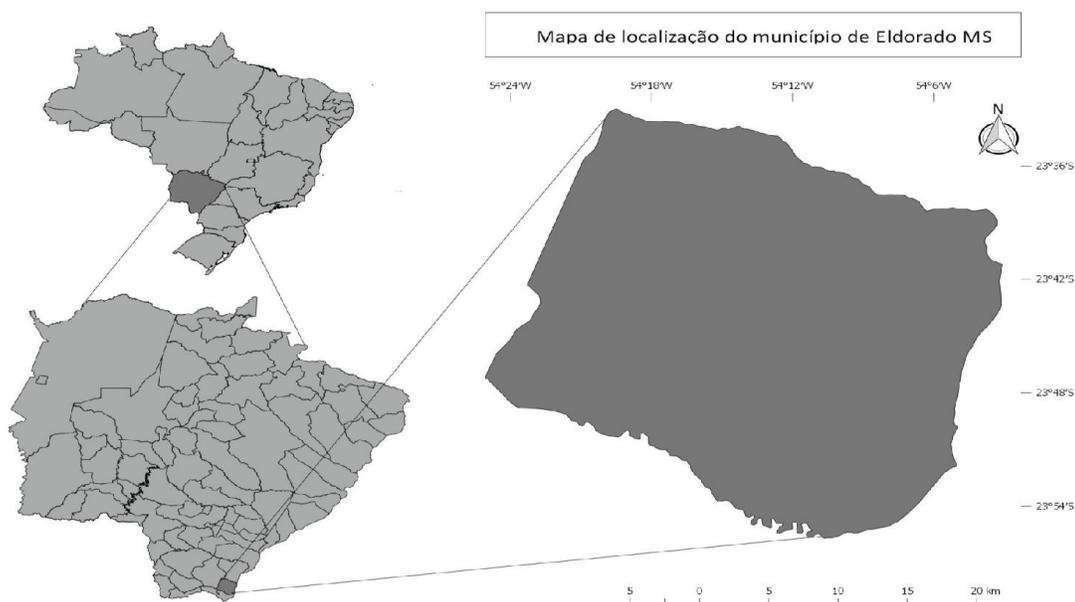
3.1. Localização, clima e solo da área estudada

As coletas foram realizadas na Fazenda Vezozzo, com área de 768 hectares, localizada no município de Eldorado, região Cone Sul do estado de Mato Grosso do Sul

(Figuras 1 e 2). O clima da região é subtropical (Cfa), segundo classificação de Köppen (SEMAC, 2011), Mata Atlântica – Floresta Estacional Semidecidual e com solos classificados como Argissolos Vermelho-amarelos de textura arenosa a média (EMBRAPA, 2013).



Figura 1 – Localização da Fazenda Vezozzo, Eldorado, MS.



Figur 2 – Localização do Município de Eldorado, MS.

3.2. Sistemas avaliados e histórico de uso

Foram avaliados três sistemas de manejo além de uma área de mata nativa com 160 hectares, totalizando quatro diferentes sistemas analisados em. As três áreas manejadas compreendem: área de pastagem – implantada no ano de 2003, com 2,5 hectares, com a

espécie *Brachiaria brizantha* (MG5) submetida a pressão de pastejo por caprinos, com aproximadamente 12 cabeças/ha; área de sistema plantio direto (SPD) - 240 hectares na qual desde o ano de 2002 vem sendo cultivado com sucessão de milho/soja e mandioca, e também uma área de cultivo de cana-de-açúcar - 350 hectares que vem sendo cultivada desde o ano de 2006 (Figuras 3 e 4).

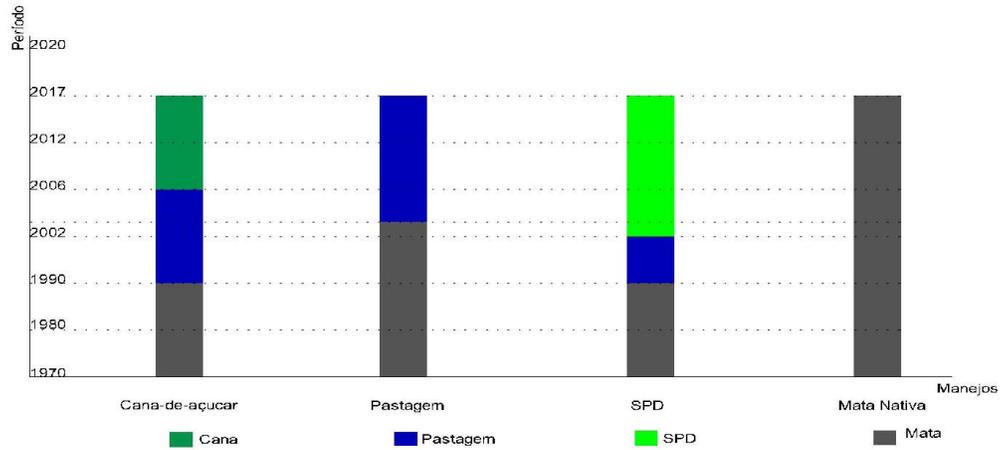


Figura 3 – Histórico do uso e mudança nos sistemas de manejo das diferentes áreas estudadas.



Figura 4 – Diferentes sistemas de manejo estudados, Eldorado, MS. 1: área de pastagem plantada, 2: área de mata nativa, 3: sistema plantio direto e 4: área de cana-de-açúcar.

3.3. Coleta de amostras de solo

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em diferentes sistemas de manejo, em cada área de estudo foram demarcadas quatro glebas de 400 m², nas quais foram realizadas as coletas das amostras de solo, cada gleba representou uma repetição. As amostras deformadas foram coletadas, sendo que, cada amostra composta foi representada por dez amostras simples dentro dos quatro sistemas de manejo diferenciados, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m. No sistema plantio direto e cana-de-açúcar a coleta foi realizada nas entrelinhas de cultivo, por outro lado na pastagem e mata nativa a coleta foi aleatoriamente. Também foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de anel volumétrico (anel de Kopeck) com volume de 48,86 cm³ com quatro repetições em todas as áreas e camadas, para as análises de densidade do solo (Ds) (Figura 5).



Figura 5 – Coleta de amostra física do solo (anel de Kopeck).

3.4. Análises realizadas

Após a coleta as amostras foram armazenadas em caixas plásticas e transportadas até o Laboratório de Química da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade de Mundo Novo. Em seguida as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

As análises de densidade do solo (Ds) foram realizadas segundo metodologia descrita por Embrapa (1997), pelo método do anel volumétrico no Laboratório de Ensino de

Química da UEMS, Unidade de Mundo Novo. O carbono orgânico total (COT) foi determinado pela oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio ($0,167 \text{ mol L}^{-1}$), em meio sulfúrico com aquecimento externo, e titulado com sulfato ferroso amoniacal ($0,20 \text{ mol L}^{-1}$) na presença do indicador Ferroin, segundo metodologia adaptada de Yeomans e Bremner (1988) (Figura 6).



Figura 6 — Análise de carbono orgânico total (COT) no Laboratório de Ensino de Química, UEMS/Mundo Novo.

A partir dos resultados de COT, foram calculados os estoques de carbono orgânico total (EstC) segundo o método da massa equivalente que leva em consideração a correção da massa de solo em função da presença de uma área de mata nativa (ELLERT; BETTANY, 1995; SISTI et al., 2004). Para verificação de tendências de acúmulo ou perda de COT em comparação com mata nativa (sistema de referência da condição original do solo deste estudo), foi calculada a variação do EstC (ΔEstC) ($\text{EstC}, \text{Mg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) em comparação à mata, sendo o mesmo obtido pela diferença entre os valores médios de EstC de mata e em cada um dos sistemas de manejo. O valor obtido foi dividido pela espessura (cm) de cada camada e, posteriormente plotados em gráficos para avaliação do padrão de perda ou acúmulo de carbono em cada camada e no perfil de 0-0,2 m.

Com os resultados dos teores de COT, foi calculado também o índice de estratificação do carbono (IE) proposto por Franzluebbbers (2002) mediante relação entre os

teores de COT da camada de 0-0,05 m e da camada de 0,1-0,2 m, representando assim toda a camada arável do solo avaliado.

Após todas as análises laboratoriais realizadas, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F, e os valores médios comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física e química das áreas

Para fins de caracterização das áreas de estudo, amostras de solo da camada de 0-0,2 m foram coletadas e, em seguidas encaminhadas para o laboratório NUTRISOLO em Ivinhema, MS, para caracterização química e física, dados esses que se encontram na Tabela 1 a seguir. Todas as áreas apresentaram-se na mesma classe textural, ou seja, arenosa, com teores de argila inferiores a 15%. Destaca-se ainda na Tabela 1 o baixo valor de pH da área de mata nativa, com consequentes altos teores de alumínio trocável e acidez potencial e baixo valor para saturações por bases. Dentre os sistemas de manejo destaca-se o maior teor de matéria orgânica na área cultivada sob SPD.

Tabela 1. Caracterização física e química das áreas avaliadas no estudo

AE	Areia	Silte	Argila	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
	-----g kg ⁻¹ -----			CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%
CA	779	100	121	5,13	10,11	3,52	0,20	2,1	1,1	0,02	1,4	3,40	4,80	70,8
PP	831	84	85	5,53	12,85	26,10	0,17	1,6	1,2	0,00	1,2	2,97	4,17	71,2
SPD	815	83	102	4,53	16,94	35,58	0,14	0,8	0,5	0,13	1,8	1,44	3,24	44,4
MN	831	50	119	4,16	14,76	3,03	0,03	0,5	0,3	0,49	2,8	0,87	3,67	23,7

Laboratório: NUTRISOLO, Ivinhema, MS. CA: área de cultivo de cana-de-açúcar, PP: pastagem plantada, SPD: sistema plantio direto, MN: mata nativa. Caracterização física – Granulometria: método da pipeta. Caracterização química - Cloreto de Cálcio (pH); Mehlich (P e K); KCl 1N (Ca, Mg e Al); Acetato de Cálcio pH 7,0 (H + Al).

4.2. Densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EstC)

A densidade do solo (Ds), teores de carbono orgânico total (COT) e os valores de estoques de carbono (EstC) das diferentes áreas estudadas estão apresentados na Tabela 2. Para a Ds, pode-se observar que as três áreas manejadas apresentaram valores superiores quando comparadas a área de mata nativa na camada de 0-0,05 m, sendo semelhantes entre si, variando entre 1,35 a 1,52 Mg m⁻³, com a área de mata apresentando valor de 1,08 Mg m⁻³. A compactação do solo pelo uso de máquinas na área de SPD nas épocas de plantio, pulverizações periódicas e colheita, na área de cana-de-açúcar no momento da

implantação/renovação do canavial e pelo pisoteio animal devido a elevada carga animal na área de pastagem são fatores que influenciam de forma consistente em valores mais elevados de Ds. A ausência de qualquer tipo de manejo de solo ou pastejo animal na área de mata juntamente com a vegetação existente, o que proporciona elevada presença de raízes e matéria orgânica do solo (MOS), faz com que os valores de Ds da área de mata nativa não alcance os elevados índices das três áreas manejadas na camada superficial do solo.

Tabela 2. Densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (EstC) nos diferentes sistemas de manejo no município de Eldorado, MS

Sistema de manejo	Ds	COT	EstC
	Mg m ⁻³	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹
0-0,05 m			
Cana	1,52a	12,68c	6,84b
Pastagem	1,50a	15,79b	8,53ab
SPD	1,35a	15,01b	8,05ab
Mata	1,08b	25,40a	10,18a
CV(%)	9,0	4,8	15,1
0,05-0,1 m			
Cana	1,63a	11,63c	7,00a
Pastagem	1,74a	13,71b	8,25a
SPD	1,35b	12,57bc	7,56a
Mata	1,20b	16,60a	7,63a
CV(%)	5,2	5,5	8,4
0,1-0,2 m			
Cana	1,62a	9,21b	11,42bc
Pastagem	1,70a	13,00a	16,11a
SPD	1,49ab	11,13ab	13,82ab
Mata	1,24b	9,72b	10,46c
CV(%)	7,9	8,8	9,3

Médias seguidas de letras iguais na coluna, em cada camada, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV = coeficiente de variação.

A conversão de áreas naturais em ambientes de produção agropecuária (substituição de ecossistemas por agroecossistemas), via de regra, é motivo de preocupação local e regional, especialmente quando não se conhecem previamente as condições edáficas, ou seja, a classe de solo ou ao menos a classe textural (ARAÚJO et al., 2007). Neste sentido, alguns trabalhos enfatizam a existência de alterações nos diversos atributos do solo, dentre eles nos atributos físicos, como a Ds, em decorrência das diversas formas de uso e manejo muitas

vezes efetuadas de maneira incorreta, sem considerar a aptidão agrícola (SILVA et al., 2008, CARDOSO et al., 2011) e até mesmo a capacidade de suporte das áreas (DIEL et al., 2013).

Alguns atributos são mais sensíveis a mudanças que ocorrem no solo do que outros, destacando-se, dentre estes, a estabilidade de agregados, microbiologia do solo, a Ds, o teor de carbono orgânico e estoque de carbono, que são indicadores utilizados para mensurar estas alterações, bem como regular a infiltração, retenção e disponibilidade de água no solo e favorecer as trocas gasosas (LIMA et al., 2013).

Quando se avalia as camadas subsuperficiais do solo (0,05-0,1 e 0,1-0,2 m), somente a área de SPD se assemelhou a mata para os valores de Ds (Tabela 2). Possivelmente os maiores valores de Ds também nestas camadas nas áreas de cana-de-açúcar e pastagem, devem-se ao revolvimento do solo na área de cana para implantação/renovação do canavial e o pastejo contínuo de caprinos na área de pastagem. Para estas duas áreas citadas acima, nas camadas de 0,05-0,1 e 0,1-0,2 foram observados valores de Ds acima do limite crítico de 1,60 Mg m⁻³ estipulado Silva e Rosolem (2001), como limitante para o crescimento e desenvolvimento da maioria das culturas. O tráfego de máquinas e o pastejo excessivo podem ocasionar aumentos na Ds, com conseqüente diminuição de macro e microporos também em camadas subsuperficiais ao longo dos anos de manejo (VIANA et al., 2011). Em área semelhante, por duas décadas em SPD, Oliveira (2002) observou que a ausência do tráfego de máquinas e de revolvimento promoveram alterações na estrutura do solo, com reflexos positivos nos valores de Ds.

Para o COT também foram observadas diferenças entre as áreas estudadas (Tabela 2). Destaca-se que nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,1 m os teores de COT das áreas manejadas são inferiores em relação à mata. Já na camada de 0,1-0,2 m, a área de pastagem obteve teor superior que a mata nativa. Além disso, especialmente na área de mata, observa-se mais nitidamente a estratificação de carbono, com teor de 25,40 g kg⁻¹ na camada de 0-0,05 e 9,72 g kg⁻¹ na camada de 0,1-0,2 m.

Destaca-se também menor teor de COT na área de cultivo de cana-de-açúcar na camada de 0-0,05 m quando comparada as demais áreas manejadas (Tabela 2). Esse fato pode ser devido ao maior número de procedimentos de revolvimento do solo ao longo dos anos de cultivo, principalmente nas épocas de renovação do canavial com conseqüente maior exposição do carbono a ação da biota do solo (SIX et al., 2004). Resultado este, semelhante ao trabalho de Baldotto et al. (2015) sob Latossolo no estado de Minas Gerais comparando

pastagem, lavouras com monocultivo e área de mata nativa e diferente do observado por Campos et al. (2016) quando comparou áreas de cultivo de cana-de-açúcar com áreas de mata nativa e agroflorestal em Cambissolo no estado do Amazonas. Estas discrepâncias entre os resultados encontrados neste estudo em comparação com estudos recentes na literatura reforçam a importância de estudos mais regionalizados em relação ao comportamento do acúmulo ou não de carbono no solo.

O aumento da profundidade no perfil do solo demonstra a contribuição mais efetiva das entradas de C na camada mais superficial, já que conforme a profundidade aumenta, diminuem os valores de COT para a área de mata, fato comum em áreas onde não há influência antrópica (MARQUES et al., 2016). Salton et al. (2005) enfatizam a relação das mudanças nos agroecossistemas com o balanço de C no perfil do solo, identificando assim as potencialidades e fragilidades de cada sistema de manejo mediante a avaliação do potencial de acúmulo ou não de C também em camadas subsuperficiais, sendo este padrão importante para a melhoria de todo o perfil do solo.

Foi observado em todas as áreas manejadas valores de EstC semelhantes entre si, com exceção da camada de 0,1-0,2 m entre as áreas de cana e pastagem, com maior EstC na área de pastagem, 16,11 Mg ha⁻¹. A adoção de técnicas inadequadas de manejo do solo causam rápida redução no conteúdo de nutrientes e de C (RESK et al., 2008), o que por sua vez é convertido em menores valores de EstC do solo ao longo do tempo de cultivo. Nas áreas de pastagens manejadas corretamente, pode-se observar aumento do EstC com o passar dos anos, demonstrando a eficiência deste sistema em manter ou até mesmo aumentar o EstC (NEVES et al., 2004, CAMPOS et al., 2016).

Em nenhuma das camadas avaliadas, a área de SPD apresentou resultados expressivos de acúmulo de C. Através deste fato, a inferência que pode ser feita é de que possivelmente se houvesse um sistema de rotação de culturas mais diversificado, com diferentes extratos de exploração dos sistemas radiculares e diferente qualidade de C adicionado pelos resíduos vegetais através da utilização de maior número de espécies vegetais de famílias diferentes, o acúmulo de C poderia ser maior (BODDEY et al., 2010). Nesse contexto, o SPD quando adotado seguindo os seus três princípios básicos, como a rotação de culturas, se consolida não somente como alternativa para a redução nas operações de preparo do solo, mas também na contribuição para a formação e manutenção da cobertura morta e,

conseqüentemente em aumento nos valores de EstC no solo ao longo do tempo (CRUZ et al., 2006).

4.3. Índice de estratificação de carbono (IE)

Quando se observa os resultados para o índice de estratificação (IE) do COT, foram verificados, em todas as áreas estudadas, valores acima de 1,00 (Figura 7), o que segundo Franzluebbbers (2002) e Sá e Lal (2009) apresentando assim, elevada relação de estratificação de C do solo, conseqüentemente, refletindo diretamente a uma maior qualidade do sistema edáfico, com conseqüentes melhorias na infiltração de água, maior estabilidade de agregados, entre outros benefícios ao longo do tempo de cultivo. Porém, comparando as áreas manejadas, não houve diferenças estatísticas, com valores variando de 1,22 a 1,38, sendo estas, diferentes da área de mata, que apresentou valor para o IE de 2,63, padrão este exatamente semelhante ao observado por Bispo et al. (2016) também comparando áreas manejadas e área sob vegetação natural no município de Iguatemi, MS. Tal semelhança estatística do IE para as áreas manejadas pode ser influenciada pelo fato de que as concentrações de C, e a equivalência de estratificação foram também de certa forma semelhantes (Tabela 2). No município de Mundo Novo em Mato Grosso do Sul, Santos et al. (2017) encontraram também valores de IE maiores que 1,00, chegando a 1,98 em área de mata nativa e 1,42 em área de pastagem permanente.

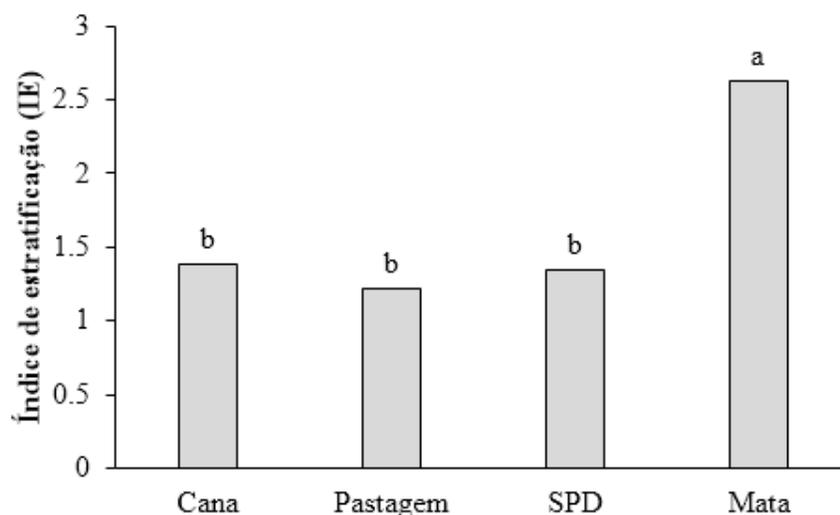


Figura 7. Índice de estratificação (IE) do carbono orgânico total em função dos diferentes sistemas de manejo no município de Eldorado, MS.

É clara a diferença significativa dos IE do solo das áreas manejadas quando comparados com a área de mata nativa, com isso, pode se inferir que um menor tráfego de máquinas na área de cana-de-açúcar, um número menor de animais por hectare na área de pastagem e a existência de uma rotação de culturas mais diversificada contribuirá de maneira significativa para o aumento dos referidos índices. Com maior utilização de espécies vegetais no sistema de rotação de culturas Tormena et al. (2004) encontraram valores de IE em área de SPD chegando a 3,82 no município de Palotina, Paraná. Silva et al. (2004) relatam área superior a 50 milhões de hectares sob condições de baixa fertilização e manejo inadequado em vários sistemas de manejo, sendo que em sua maioria os IE encontrados eram inferiores às áreas de referência e em alguns casos menores que 1, valor este considerado referência para este tipo de indicador.

4.4. Variação no estoque de carbono

Na Figura 7, interpretar-se os resultados obtidos referentes à variação do estoque de carbono (Δ EstC), em um comparativo com as diferentes camadas (0-0,05, 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m), observando de modo específico cada área manejada, sendo também representada variação do EstC que abrange a seção (perfil) de 0-0,2 m dos sistemas manejados em relação a área de mata nativa.

De modo geral, verificaram-se redução dos EstC em todas as áreas manejadas, especialmente na camada de 0-0,05 m, indicando assim maior susceptibilidade da oxidação do COT nesta camada quando do manejo em suas diversas formas ao longo do tempo de cultivo. Essa variação negativa nos EstC na camada de 0-0,05 m é mais evidente na área de cana-de-açúcar, seguido das áreas de SPD e pastagem. Contudo, pode-se verificar uma variação positiva do EstC da camada de 0,1-0,2 m em todas as áreas manejadas. Esse fato deve-se aos maiores EstC nesta camada em relação à área de mata (Tabela 2), e devido também a maior estratificação do C no solo da área de mata nativa (Figura 7), como também relatado por SALTON et al., (2005). Em sistemas agrícolas, os estoques de C são influenciados, dentre vários fatores, pelo manejo adotado, pois com a adição diferenciada de resíduos ao solo é possível identificar diferentes padrões de valores para o EstC (SOUZA et al., 2009). Um manejo do solo inadequado resulta em um rápido declínio do EstC, promovendo aumento de emissões de CO₂ (COSTA et al., 2008).

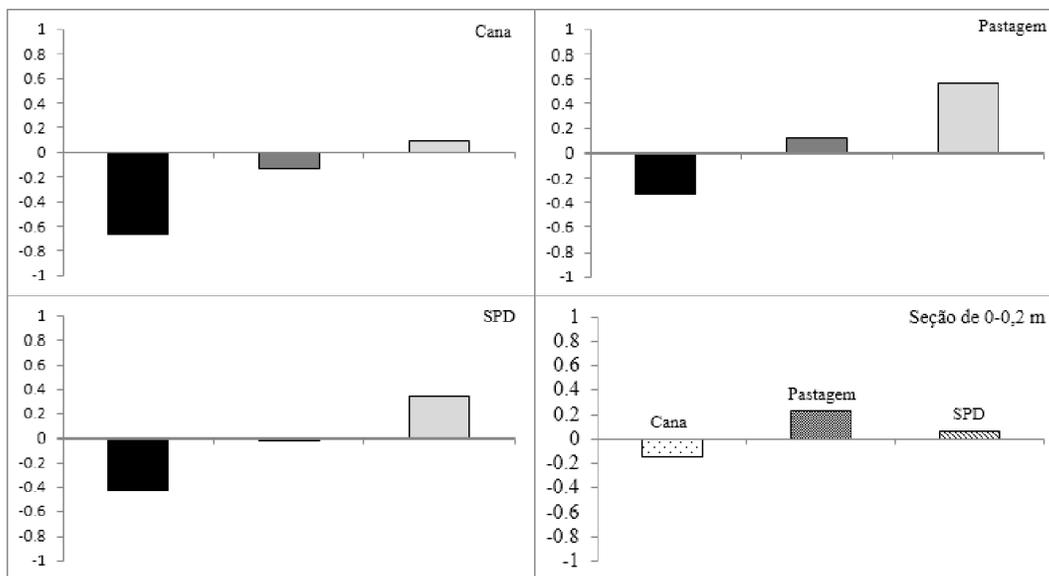


Figura 8. Variação do estoque de COT (ΔEstC) das áreas manejadas nas camadas de 0-0,05 m (■), 0,05-0,1 m e (■), 0,1-0,2 m (■) em relação à área de mata nativa, e na seção de 0-0,2 m.

Para a área de pastagem, especialmente na camada de 0,1-0,2 m, a variação positiva no EstC foi maior do que as demais áreas manejadas. Esse fato deve-se principalmente à contribuição do sistema radicular da pastagem em acumular C, quando a mesma é bem manejada no que tange as condições edáficas e de manejo de lotação animal, como também relatado por Acharya et al. (2012).

Estudos visando à identificação da quantidade de carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas de manejo também em camadas subsuperficiais fornecem subsídios importantes para a avaliação de qualidade do solo (FREITAS et al., 2000). Para a região dos Cerrados, D'Andréa et al. (2004) verificaram ΔEstC positiva em áreas de pastagem permanente também com espécie de *Brachiaria* sp, principalmente devido à renovação contínua do sistema radicular, diferentemente do que ocorre em áreas de pastagens degradadas de extensas áreas cultivadas no Brasil, como na região Centro-oeste. Essas observações citadas acima reforçam a importância do manejo correto também de áreas de pastagens para que elas também tenham potencial de acúmulo de carbono, como relatado no trabalho de Faria et al. (2016) que encontraram ΔEstC positiva em área de pastagem reformada e ΔEstC negativa em área de pastagem com sinais visíveis de degradação no município de Iguatemi, MS.

Quando se considera os EstC nas três camadas estratificadas avaliadas conjuntamente (perfil de 0-0,2 m), houve variação negativa no EstC somente na área de cultivo de cana-de-açúcar (Figura 8). Esse fato deve-se ao revolvimento do solo que acontece nesta área no momento da reforma do canavial, entre os ciclos de produção, diferentemente do observado para as áreas de SPD e, principalmente nas áreas de pastagem permanente, fato esse relacionado aos menores teores e EstC que essa área apresentou (Tabela 2). Lal (2009) afirma que o manejo sustentável dos ecossistemas agrícolas resulta em uma tendência de aumento da produtividade, conjuntamente com a melhoria nas qualidades edáficas do solo, tais como aumento nos teores de carbono e aumento da biodiversidade de macro e microrganismos.

5. CONCLUSÕES

As áreas manejadas apresentam maiores valores de densidade do solo quando comparados à área de mata nativa, além de menores teores e estoques de carbono orgânico total.

Independente do sistema de manejo adotado, a retirada da cobertura vegetal original causa redução nos estoques de carbono do solo, sendo o processo de recuperação lento e influenciado por práticas conservacionistas adotadas de maneira correta ao longo do tempo de cultivo.

A área de pastagem demonstra potencial de acúmulo de carbono em subsuperfície.

Os diferentes sistemas de manejo cultivados ao longo do tempo não contribuíram para o aumento do índice de estratificação do carbono.

Há variação negativa nos estoques de carbono das áreas manejadas especialmente em camadas superficiais do solo.

A alteração na qualidade edáfica dos diferentes sistemas de manejo demonstram que práticas com maior revolvimento do solo ou pressões de pastejo elevadas causam redução da qualidade do solo ao longo do tempo de cultivo, sendo estas variações importantes para a escolha ou modificação dos sistemas de manejo adotados na região Cone sul do estado de Mato Grosso do Sul buscando menores impactos ambientais com consequentes perdas econômicas.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, B. S.; RASMUSSEN, J.; ERIKSEN, J. Grassland carbon sequestration and

emissions following cultivation in a mixed crop rotation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 153, n. 15, p. 33-39, 2012.

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**, v. 31, n. 4, p. 1099-1108, 2007.

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 301-309, 2015.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.; A., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Cinco Continentes, 2008. p.7-18.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v. 111, n. 7, p. 1-12, 2012.

BISPO, L. S.; TROIAN, D.; MARTINS, L. F. B. N.; ROSSET, J. S. Carbono orgânico total e índice de estratificação de carbono em diferentes sistemas de manejo sob solo de textura média. In: SEMANA AGRONÔMICA & ENCONTRO TÉCNICO CIENTÍFICO, 13 e 8., 2016, Aquidauana. **Anais...** Aquidauana: UEMS, 2016.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, n. 2, p. 784-795, 2010.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.: **Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 147-158, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA, D. M. P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 339-349, 2016.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 613-622, 2011.

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

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, F. E. R.; COSTA, M. L.; NACIF, S. G. P.; FARIA, C. J. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 1137-1145, 2009.

CRUZ, C.D. **Programa genes: biometria**. p. 382, 2006.

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**, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DIEL, P. S.; COSTA, P. F.; OLIVEIRA, P. S. R.; SILVA, N. L. S.; ROSSET, J. S. Capacidade de uso de solo das propriedades rurais na microbacia do córrego Guará no Município de Marechal Cândido Rondon/PR. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, suplemento, p. 400-410, 2013.

ELLERT, B.H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, p. 712, 1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FARIA, E.; MARTINS, L. F. B. N.; TROIAN, D.; ROSSET, J. S. Variação no estoque de carbono orgânico total em sistemas manejados e área nativa no município de Iguatemi, MS. In: SEMANA AGRONÔMICA & ENCONTRO TÉCNICO CIENTÍFICO, 13 e 8., 2016, Aquidauana. **Anais...** Aquidauana: UEMS, 2016.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337-342, 2011.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil & Tillage Research**, v. 66, n. 2, p. 95-106, 2002.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.

HALVORSEN, A. D. et al. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. **Soil Science Society of America Journal**, v.66, n.3, p.906- 912, 2002.

HENIN, C.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique du sol. **Annales Agronomiques**, v. 15, n. 1, p. 17-29, 1945.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p.1055–1061, 2012.

JERKE C.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J. Distribuição do carbono orgânico em Latossolo sob manejo da adubação fosfatada em plantio direto no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, n. 3, p. 442-448, 2012.

LAL, R.; LICHTFOUSE, E.; NAVARRETE, M.; DEBAEKE, P.; SOUCHÈRE, V.; ALBEROLA, C. Laws of sustainable soil management. **Sustainable Agriculture**. v. 2, n. 1, p. 9-12, 2009.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2013.

LIMA, C. L.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 199-205, 2013.

MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; VITEL, C. M.; MARQUES, E. M. A. Soil organic carbon, carbon stock and their relationships to physical attributes under forest soils in central amazonia. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 197-208, 2016.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Mapa de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3813>. Acesso em: 10 mar. 2017

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de Carbono em Sistemas Agrosilvopastoril, Pastagem e Eucaliptus sob cultivo

convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

OLIVEIRA, G. C. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado**. 2002. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, 2002.

PLAZA-BONILLA, D.; CANTERO-MARTÍNEZ, C.; ÁLVARO-FUENTES, J. Tillage effects on soil aggregation and soil organic carbon profile distribution under Mediterranean semi-arid conditions. **Soil Use Management**, v. 26, n. 4, p. 465-474, 2010.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008.

RESK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. **Editora Cinco Continentes**, 2008, p. 359-417.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 252-258, 2015.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**. v. 103, n. 2, p. 46–56, 2009.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste**, p58, 2005. (Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal** – Bioma Cerrado. 2002. MMA/ SBF, 2010.

SANTOS, T. M. D.; ROSSET, J. S.; BISPO, L. S.; FARIA, E.; CASTILHO, S. C. P.; MARRA, L. M.; MENEZES, J. A. T. Índice de estratificação do carbono orgânico total em diferentes sistemas de manejo ao longo do tempo. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO SOBRE RECURSOS NATURAIS – SCRN, 1., 2017, Dourados. **Anais...** Dourados: UEMS, 2017.

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**, v. 46, n. 10, p. 1332-1338, 2011.

SEMAC- Secretaria de Estado, Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Caderno Geoambiental das Regiões de Planejamento do MS**. 2011. 394 p.

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

SILVA, J. E.; RESK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 357-363, 2004.

SILVA, R. F.; BORGES, C. D.; GARIB, D. M.; MERCANTE, F. M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um Argissolo Vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2435-2441, 2008.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 253-260, 2001.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em

sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSK, L. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2105-2114, 2011.

WEST, T. O.; POST, W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 6, p. 1930-1946, 2002.

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