



Estoque de carbono em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Sete Lagoas, MG, região do Cerrado¹

Adriana Monteiro da Costa⁽²⁾; Fátima Vilaça Vasconcelos⁽³⁾; Miguel Marques Gontijo Neto⁽⁴⁾; Ramon Costa Alvarenga⁽⁴⁾; João Herbert Moreira Viana⁽⁴⁾; Derli Prudente Santana⁽⁴⁾

(1) Parte do trabalho financiado pelo FNDCT/FINEP/MCT; (2) Geógrafa – Bolsista PNPB CAPES/ Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, km 45, Sete Lagoas, MG, Caixa Postal 285 - CEP 35701-970, drimonteiroc@yahoo.com.br (apresentador do trabalho); (3) Engenheira Agrônoma - bolsista Embrapa - Rodovia MG 424, km 45, Sete Lagoas, MG, Caixa Postal 285 - CEP 35701-970, fatimavva@yahoo.com.br; (4) Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, km 45, Sete Lagoas, MG, Caixa Postal 285 - CEP 35701-970, mgontijo@cnpmc.embrapa.br; ramon@cnpmc.embrapa.br; jherbert@cnpmc.embrapa.br; derli@cnpmc.embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar as alterações no teor e no estoque de carbono orgânico do solo sob diferentes rotações de cultura em sistema de integração lavoura-pecuária comparados ao Cerrado e à pastagem contínua. O estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Os tratamentos consistiram de quatro sistemas de rotação de cultura em área de um sistema de integração lavoura-pecuária de corte (SILP); uma área de Cerrado e outra de pastagem contínua. Avaliaram-se os teores de carbono orgânico total e estoque de carbono, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Houve diferença significativa nos teores e no estoque de carbono para os sistemas avaliados. Sistemas que proporcionem maior aporte de material vegetal, rotação de culturas e não revolvimento do solo contribuem para aumentar o teor de COT dos solos e consequentemente para a sua sustentabilidade.

Palavras-chave: carbono orgânico, sustentabilidade, efeito estufa

INTRODUÇÃO

O processo de substituição de áreas de Cerrado nativo por áreas de culturas anuais, pastagem e reflorestamento tem se intensificado nos últimos anos. Como consequência, há uma aceleração dos processos de degradação destas áreas, quando da não utilização de práticas de manejo adequado. Os diferentes sistemas de manejo do solo podem afetar diretamente o seu conteúdo de carbono orgânico, e este, por sua vez, pode ser usado como um importante indicador de qualidade dos solos.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária têm se mostrado uma alternativa para a recuperação de pastagens degradadas e integração de diferentes sistemas de rotação de culturas e podem promover, no decorrer dos anos, aumento no estoque de carbono do solo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações no teor e no estoque de carbono orgânico sob diferentes rotações de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária comparados à pastagem e Cerrados nativos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, cujas coordenadas geográficas são latitude 19°28'S, longitude 44°15'W e altitude de 732 m. O clima é Aw (Köppen), ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18 °C. O solo é classificado com Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), textura muito argilosa, relevo suave ondulado.

Foram estudados seis tratamentos que consistiram de quatro sistemas de produção em área de Sistema de integração lavoura-pecuária de corte (SILP); uma área de Cerrado e outra de pastagem contínua de *Brachiaria decumbens*, sem manejo da fertilidade há mais de 10 anos (Tabela 1).

Anteriormente à implantação do Sistema de integração lavoura-pecuária (SILP), a área foi cultivada com milho e sorgo para silagem por vários anos, permanecendo, posteriormente, em pousio por 6 anos, até a implantação do experimento. Em dezembro de 2005, a área de 24 hectares foi dividida em quatro glebas de 6 ha cada, dessecada com 1440 g ha⁻¹ de glyphosate e implantado o SILP em sistema de rotação de culturas sob plantio direto. Foram estabelecidos quatro sistemas de produção contemplando a produção de grãos de milho (*Zea mays*) + pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Piaã, sorgo (*Sorghum bicolor*) + pastagem (*Panicum maximum*) cv. Tanzânia, soja (*Glycine Max*), e produção animal (recria e terminação de novilhos) em pastagem de tanzânia. Para o cultivo de milho grão e sorgo silagem a adubação de plantio consistiu



XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

de 300 kg ha⁻¹ da formulação NPK 8-28-16 + 0,5 Zn. No plantio da soja utilizou-se 350 kg ha⁻¹ de 8-28-16 + 0,5 Zn e da pastagem 150 kg ha⁻¹ de uréia. Na adubação de cobertura do milho utilizou-se 150 kg ha⁻¹ de uréia. A partir de março de 2006 animais com média de 7@ foram introduzidos nos sistemas (S1, S2, S3 e S4). Até a entrada dos animais as glebas foram roçadas por duas vezes. Após a colheita da soja e do sorgo e depois da rebrota do tanzânia e de colônia remanescente na gleba da soja, estas glebas também passaram a ser utilizadas no pastejo rotacionado. Assim, durante o período da seca (entre março e agosto) os animais pastejaram as quatro glebas, recebendo apenas suplementação mineral. No período das águas (entre setembro e março), os animais permaneceram pastejando apenas a gleba 3, que foi subdividida por meio de cerca elétrica em 5 piquetes, em um sistema rotacionado com 7 dias de ocupação e 28 de descanso. No mês de setembro de 2006 e de 2007, as glebas onde seriam cultivadas as lavouras foram vedadas, dessecadas em outubro e novo plantio foi feito no início de novembro/dezembro. Depois da colheita das lavouras e crescimento da pastagem, as glebas voltaram a ser ocupadas pelos animais. Não foi observada erosão nestes tratamentos. Neste estudo a amostragem de solo foi realizada em janeiro de 2009. Foram coletadas, em cada tratamento três amostras de solo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, num total de 54 amostras. Para análise de densidade do solo coletaram-se amostras indeformadas de solo, com auxílio de anel volumétrico. O teor de carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado pela oxidação da matéria orgânica com K₂Cr₂O₇ em meio sulfúrico.

O estoque de carbono em cada camada de solo estudada foi calculado pela expressão (Freixos et al., 2002):

$$EstC = \frac{(CO_{total} * Ds * e)}{10}$$

Em que:

EstC = estoque de carbono orgânico na camada estudada (Mg ha⁻¹);

CO_{total} = carbono orgânico total (g kg⁻¹);

Ds = densidade do solo da camada estudada (kg dm⁻³);

e = espessura da camada estudada (cm).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 6x3x3, sendo 6 tratamentos, três profundidades e

três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono orgânico total foram influenciados pelos tratamentos e profundidades de amostragem (Tabela 2). Os maiores valores de COT foram observados no Sistema S4 que diferiu significativamente do S1 e do S2 na camada superficial do solo (0-10 cm). Os maiores valores no S4, na camada superficial do solo, provavelmente estão relacionados à cultura presente no ano agrícola de realização das amostragens. A pastagem cultivada que permaneceu na área desde março de 2008, após a ensilagem do sorgo, devido ao grande volume de material vegetal morto da parte aérea e de raízes proporcionou um acúmulo de COT nesta camada. Deve-se destacar também o fato de que a pastagem permanece por um período maior de tempo no sistema, dezoito meses, sem operações de cultivo e manejo, comparativamente às culturas anuais. Isto permite não somente maior deposição de massa vegetal morta como, também, evita a mineralização acelerada da mesma devido aos efeitos dos tratos culturais. Os dados observados no presente trabalho corroboram com o trabalho de outros autores. Salton et al. (2005) obtiveram maiores teores de COT para o sistema com pastagem permanente comparativamente aos sistemas de integração com lavoura. Sousa et al. (1997) avaliando os teores de COT no solo com pastagem e com rotação soja/milho observaram aumento no teor de COT quando a pastagem substituiu a lavoura e decréscimo neste quando da substituição da pastagem pela lavoura. Neves et al. (2004) observaram maiores valores COT para os tratamentos com pastagem plantada e cerrado nativo. As pastagens cultivadas, desde que bem manejadas podem manter o nível do estoque de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo, equivalente ao estoque sob vegetação natural correspondente (Freitas et al., 2000).

Os valores observados para a pastagem contínua são bem próximos aos dos Sistemas de Cerrado e de pastagem cultivada. Os valores obtidos neste sistema devem estar relacionados ao não revolvimento do solo durante anos o que permite, mesmo na pastagem degradada, um acúmulo de



XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

COT no solo.

Para todos os sistemas avaliados, como era esperado, houve uma tendência a redução do teor de carbono com a profundidade. Nos sistemas S2, S4, S5 e S6 o decréscimo no COT na profundidade de 20-40 cm foi significativa em comparação ao teor na camada superficial. Este fato justifica-se pela maior deposição de materiais orgânicos na superfície do solo e maior volume de raízes que crescem nesta camada. Observa-se que para as profundidades de 10-20 e 20-40 cm, para todos os tratamentos avaliados, não houve diferença estatística. Isto mostra a importância da avaliação do sistema como um todo e da rotação de culturas para manutenção da qualidade desses solos. Mesmo que em uma determinada época este acúmulo tenha sido baixo, ou até mesmo negativo, devido à cultura implantada apresentar baixa incorporação de matéria vegetal, como é o caso da soja, no ano seguinte a rotação com uma cultura que proporcione maior aporte de resíduos (pastagem) pode compensar esta deposição negativa e/ou inferior e ao final do ciclo levar a um equilíbrio do sistema com valores de COT semelhantes em ambos os sistemas, como observado no presente trabalho. Outro ponto importante que deve ser destacado é que foi utilizado o sistema de plantio direto no SILP (S1, S2, S3 e S4), portanto, sem revolvimento do solo como é também o caso dos outros dois sistemas (S5 e S6) analisados.

Analisando os dados de estoque de carbono (Tabela 3) observa-se que não decorre diferença significativa entre os sistemas avaliados dentro de cada profundidade ($p < 0,05$). Este fato se justifica, como já explicado anteriormente, pela tendência ao equilíbrio dos sistemas avaliados no decorrer dos anos. Desta forma, os diferentes sistemas de manejo, mesmo que inicialmente tendam a promover maior degradação da matéria orgânica do solo, devido às fertilizações, operações de preparo e às diferentes contribuições das culturas para o acúmulo de COT, no decorrer do ciclo, desde que sejam realizadas escolhas adequadas para as rotações das culturas, tendem a um balanço positivo de estoque de carbono.

Para as profundidades de amostragem, o maior estoque de carbono ocorreu na camada superficial do solo (0-10 cm) para todos os tratamentos, seguindo o padrão de distribuição de CO nos latossolos, com decréscimo com a profundidade.

Os resultados obtidos mostram que mesmo que a perturbação inicial do solo promovida pela

substituição de áreas nativas do Cerrado por culturas anuais e pastagem contribuam para redução dos teores de COT no solo, a implantação de sistemas de produção, bem manejados, sem revolvimento do solo e com rotação de culturas tendem ao longo dos anos a promover um equilíbrio entre o balanço de adições e perdas de COT e, conseqüentemente, a se igualar aos sistemas naturais, mantendo ou até melhorando a qualidade desses solos.

CONCLUSÕES

Sistemas de rotação e sucessão de culturas em plantio direto e que possibilitem maior aporte de matéria vegetal no perfil do solo e na sua superfície, contribuem para aumentar o COT e para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

Os teores e estoque de carbono mostram-se como indicadores promissores para avaliação da qualidade dos solos.

REFERÊNCIAS

- FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI; LARRÉ- LARROUY, M.C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*; 35: 157-170, 2000.
- FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 26:425-434, 2002.
- NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril na região noroeste do Estado de Minas Gerais. *Ciênc. e Agrotec.*, 28:1038-1046, 2004.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, 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. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.29). 58p.
- SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. ANAIS...Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.



Tabela 1. Sistemas de uso e manejo do solo da área estudada – 2005 a 2009.

Sistemas	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
S1	Soja	Sorgo silagem + capim	Pastagem cultivada	Soja
S2	Milho grão + capim	Pastagem cultivada	Soja	Milho grão + capim
S3	Pastagem cultivada	Soja	Milho grão + capim	Sorgo silagem + capim
S4	Sorgo silagem + capim	Milho grão + capim	Sorgo silagem + capim	Pastagem cultivada
S5	Pastagem contínua	Pastagem contínua	Pastagem contínua	Pastagem contínua
S6	Cerrado nativo	Cerrado nativo	Cerrado nativo	Cerrado nativo

Tabela 2. Teor de Carbono orgânico total (COT) do solo nos diferentes sistemas de uso e manejo estudados.

Sistema	Profundidade ¹ (cm)		
	0-10	10-20	20-40
	-----g kg ⁻¹ -----		
S1	18,51 a A	17,60 a A	12,96 a A
S2	18,91 a B	17,75 a AB	13,20 a A
S3	20,81 ab A	18,81 a A	15,81 a A
S4	25,99 b B	20,58 A AB	19,07 a A
S5	22,01 ab B	17,03 a AB	14,49 a A
S6	21,55 ab B	16,70 a AB	15,33 a A
CV%		15,39	

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna comparando os tratamentos e maiúscula na linha, comparando as profundidades de amostragem, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Estoque de carbono do solo nos diferentes sistemas de uso e manejo estudados.

Sistema	Profundidade ¹ (cm)		
	0-10	10-20	20-40
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
S1	21,67 C	19,58 B	14,01 A
S2	22,24 A	21,01 A	15,49 A
S3	22,89 A	20,02 A	18,66 A
S4	28,51 B	22,02 AB	19,27 A
S5	22,50 B	18,69 AB	14,94 A
S6	26,06 B	18,21 A	16,66 A
CV%		17,30	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A ausência de letra minúscula na coluna significa que o teste não foi significativo a 5% de probabilidade.