



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
GERAL/BIOPROSPECÇÃO**



**ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL
NA REGIÃO SUDESTE DE MATO GROSSO DO SUL**

SERGILAINÉ DE MATOS DA SILVA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
GERAL/BIOPROSPECÇÃO



**ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL
NA REGIÃO SUDESTE DE MATO GROSSO DO SUL**

SERGILAINÉ DE MATOS DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, área de concentração serviços ambientais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre, tendo como Orientador o Prof. Dr. Milton Parron Padovan e Coorientadora a Prof^ª Dr^ª. Zefa Valdivina Pereira.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

S586e Silva, Sergilaine de Matos.
Estoque de carbono em sistemas de restauração ambiental na região Sudeste de Mato Grosso do Sul / Sergilaine de Matos da Silva – Dourados-MS : UFGD, 2013.
41 f.

Orientador: Prof. Dr. Milton Parron Padovan.
Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospeção) Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Carbono – Mato Grosso do Sul. 2. Sistemas agroflorestais. 3. Reflorestamento. I. Padovan, Milton Parron. II. Título.

CDD: 549.2

“Estoque de carbono em sistemas de restauração ambiental na região Sudeste de Mato Grosso do Sul”

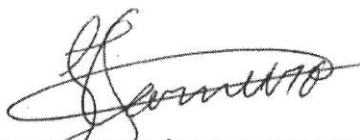
Por

SERGILAINE DE MATOS DA SILVA

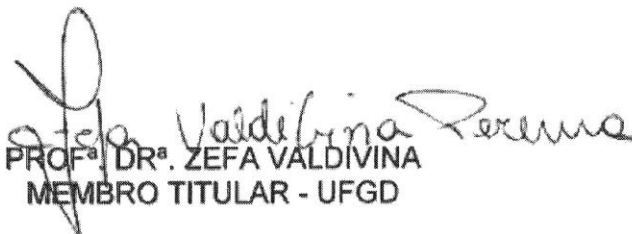
Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM BIOLOGIA GERAL - Área de Concentração: “Bioprospecção”



PROF. DR. MILTON PARRON PADOVAN
ORIENTADOR – EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE



DR. LEANDRO FLÁVIO CARNEIRO
MEMBRO TITULAR – UEMS



PROF.^a DR.^a. ZEFA VALDIVINA
MEMBRO TITULAR - UFGD

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2013

Ao meu amado esposo **Marcelo de Brito**, pelo apoio incondicional.
Ao meu pai **Anibal** e minha mãe **Maria Esther**, por todo esforço empregado na minha
formação e pelo amor dedicado.
Ao meu irmão **Sergio**, por me proporcionar momentos felizes na vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu sustento, meu refúgio e minha luz, na sua ausência eu não poderia chegar aonde já cheguei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprosecção da Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao secretário Paulo Henrique Figueiredo, pela amizade e prestatividade.

Ao orientador, Prof. Dr. Milton Parron Padovan, que incentivou a realização deste trabalho, e soube pacientemente confiar e orientar.

À equipe do Laboratório de Física do Solo da Embrapa, pelas análises do solo.

À amiga Gisele Brito Salomão, pela ajuda e companheirismo.

Aos colegas que me ajudaram na coleta de dados no campo Shaline Séfara, Amilton Castro, Carol Fróes, Paula Sabino, Carmen Zavala, Ana Caroline Abreu, Thalita Abreu, Joaquim Castilho e também ao meu esposo Marcelo de Brito, pelos fins de semana e feriados que vocês dedicaram a esse trabalho, merecem muito mais que o meus agradecimentos.

Aos meus pais Anibal e Maria Esther pelo apoio em tudo. Sem o amor de vocês eu não seria nada.

Ao meu esposo Marcelo pelo amor, amizade, companheirismo e apoio total a mim dedicado.

Ao meu irmão Sergio e à minha cunhada Karla pelos momentos de diversão que passamos em família, assim como pelas suas orações tão preciosas.

Aos meus amigos e familiares pela torcida de boa sorte.

Aos eternos amigos Marcelo, Mariangela, Tatiana e Odair, pela amizade eterna e incondicional que o tempo, a distância e as circunstâncias não acaba em nós.

À amiga Priscila Reginato pela amizade sincera e incondicional de sempre, pelo apoio e ajuda com meu trabalho e tudo que já fez por mim, muito obrigada é pouco.

Aos colegas de mestrado Dayane, Ana Paula, Graziella, Bruno, pelos trabalhos desenvolvidos em conjunto, pelos momentos de discussão científica muito enriquecedores, de descontração e de desabafo nas dificuldades encontradas, especialmente a Bianca pelo companheirismo a mim demonstrado e bonita amizade construída.

À banca examinadora, Prof^a Dr^a Zefa Valdivina Pereira, Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro e Prof. Dr. Milton Parron Padovan pela experiente contribuição na melhoria deste trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado.

Deixo meu muito obrigada a todos aqueles que não foram mencionados, mas que, de uma forma ou outra, estiverem presentes nesta etapa importante, dando-me o apoio, o sorriso, o ombro, a oração, torcendo pela concretização desta proposta e, acima de tudo, acreditando em mim, muito obrigada de coração. Recebam todos o meu carinho e minha gratidão.

“Nesses tempos de céus de cinzas e chumbos, nós precisamos de árvores desesperadamente verdes.”

Mário Quintana

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso fresco, peso seco, carbono fixado por amostra e densidade do componente arbustivo-arbóreo nas áreas de estudo: reflorestamento, em Jateí, sistema agroflorestal e mata nativa, em Glória de Dourados, Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 2012..... 17

Tabela 2 - Estatística descritiva da Densidade (DS), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), Peso Fresco (PF), Peso Seco (PS) e Carbono Estocado (C) das árvores amostradas em sistema agroflorestal, reflorestamento e na vegetação nativa nos Municípios de Glória de Dourados e Jateí, Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 2012.....20

Tabela 1 - Densidade e estoque de carbono do solo em diferentes profundidades envolvendo sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste de Mato Grosso do Sul, em 2012.....30

Tabela 2 - Estoque de carbono no solo em diferentes profundidades envolvendo sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste de Mato Grosso do Sul, em 2012.....33

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	3
ABSTRACT GENERAL.....	5
INTRODUÇÃO.....	7
REFERÊNCIAS.....	10
Artigo 1- Estoque de carbono no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.....	12
Resumo.....	12
Abstract.....	12
1 Introdução.....	13
2 Material e métodos.....	13
3 Resultados e discussão.....	17
4 Conclusões.....	20
5 Referências.....	20
Artigo 2- Estoque de carbono no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.....	24
Resumo.....	24
Abstract.....	24
1 Introdução.....	25
2 Materiais e métodos.....	26
3 Resultados e discussão.....	30
4 Conclusões.....	36
5 Referências.....	36
CONCLUSÃO GERAL.....	41

RESUMO GERAL

Silva, Sergilaine de Matos. **Estoque de carbono em sistemas de restauração ambiental na região sudeste de Mato Grosso do Sul**. Dourados – MS UFGD 2013 47f. (Dissertação - Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção).

Diante das crises ambientais atuais, a manutenção dos estoques de carbono (C) passou a ser reconhecida como um importante serviço ambiental prestado pelas florestas. Além de estocar C, as florestas conservam a biodiversidade e a qualidade da água, do ar e do solo, que interferem diretamente nos processos de aquecimento global. Tendo em vista a elevada degradação dos sistemas naturais, e a necessidade premente de recuperar pelo menos parte dos serviços ambientais que as florestas prestam à sociedade, este estudo teve por objetivo avaliar o estoque de C no componente arbustivo-arbóreo e o estoque de C no solo em diferentes sistemas de restauração ambiental que podem ser adotados como opções para compensar emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para minimizar o aquecimento global da Terra. As avaliações foram realizadas de fevereiro a outubro de 2012, na região Sudeste do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A microrregião caracteriza-se por apresentar vegetação de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e o Cerrado *sensu stricto*, com perda de praticamente toda a cobertura original, o que é atribuído ao intenso aproveitamento econômico das madeiras das florestas originais, e pelas atividades decorrentes do chamado ciclo da erva-mate acontecido na região. O estudo foi realizado em um sistema agroflorestal (SAF) diversificado, uma área de reflorestamento e, como testemunha, um fragmento de vegetação nativa. Para estimar o estoque de C no componente arbustivo-arbóreo foram inventariados 3750 indivíduos ha^{-1} no fragmento de vegetação nativa, 2100 indivíduos ha^{-1} no reflorestamento e 1680 indivíduos ha^{-1} no SAF. Os valores de estoque de C na biomassa vegetal observado foi 50,99; 14,61 e 8,12 Mg C ha^{-1} , respectivamente, no fragmento de vegetação nativa, no reflorestamento e no SAF. Para estimar o estoque de C no solo obtiveram-se amostragens nas camadas do solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm de profundidade no fragmento de vegetação nativa, no reflorestamento e no SAF. A maior e a menor densidade do solo ocorreram na profundidade 0-5 cm, respectivamente no SAF ($1,45 \text{ g cm}^{-3}$) e no reflorestamento ($1,37 \text{ g cm}^{-3}$). Os teores de carbono orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na

superfície. Houve diferença significativa no estoque de C dos sistemas avaliados em relação ao fragmento de vegetação nativa. O maior estoque de C no solo ocorreu no sistema agroflorestal e o menor estoque de C no solo foi constatado sob a vegetação nativa. O sistema agroflorestal diversificado e reflorestamento heterogêneo possuem estoque de C semelhante no solo, em quantidades significativamente superiores ao solo sob vegetação nativa em quantidades significativamente superiores ao solo sob vegetação nativa para os locais avaliados. Com relação à biomassa vegetal, os dados demonstram que há uma intrínseca relação entre os pesos fresco e seco com a quantidade de C acumulado na biomassa vegetal, sendo que o reflorestamento e o sistema agroflorestal apresentaram, respectivamente, menores valores para o estoque de C no componente arbustivo-arbóreo e que o fragmento de vegetação nativa apresenta maior estoque de C na biomassa aérea quando comparado com os demais sistemas estudados. Portanto, os resultados evidenciam que tanto os sistemas agroflorestais como reflorestamentos são bons estocadores de C na biomassa vegetal e no solo, podendo ser utilizados para restauração de áreas degradadas, sendo que os sistemas agroflorestais diversificados também agregam valores monetários à renda familiar, além da produção de alimentos para subsistência, contribuindo para a segurança alimentar.

Palavras-chave: Carbono orgânico, Solo, sistemas de restauração, componente arbustivo-arbóreo.

ABSTRACT GENERAL

Silva, Sergilaine de Matos. **Carbon stock in environmental restoration systems in southeastern Mato Grosso do Sul**. Dourados- MS UFGD 47f. 2013. (Dissertation - Master of Science in General Biology / Bioprospecting).

Given the current environmental crises, maintenance of carbon (C) stocks has become recognized as an important ecosystem service provided by forests. In addition to storing C, forests conserve biodiversity and water quality, air and soil, which directly interfere in the process of global warming. Given the high degradation of natural systems, and the urgent need to recover at least part of the environmental services that forests provide to society, this study aimed to assess the stock of C in woody component and C storage in soil different systems of environmental restoration that can be adopted as options to offset emissions of greenhouse gases, contributing to minimize global warming of the Earth. The evaluations were conducted from February to October 2012, in the southeastern state of Mato Grosso do Sul, Brazil. The micro-region is characterized by presenting transitional vegetation between seasonal semideciduous forest and cerrado sensu stricto, with the loss of almost all the original cover, which is attributed to the intense economic exploitation of the woods of the original forests, and the activities resulting from the so-called cycle mate happened in the region. The study was conducted in an agroforestry system (AFS) varied, a reforestation area and, as a control, a fragment of native vegetation. To estimate the C stock in shrub and tree component were surveyed 3750 individuals ha⁻¹ fragment in native vegetation, 2100 individuals ha⁻¹ in reforestation and 1680 individuals ha⁻¹ in the AFS. The values of C storage in plant biomass were observed 50.99, 14.61 and 8.12 Mg C ha⁻¹, respectively, in the fragment of native vegetation, reforestation and the AFS. To estimate the C stock in soil samples were obtained in soil layers of 0-5, 5-15 and 15-30 cm depth in the fragment of native vegetation, reforestation and the AFS. The highest and lowest soil bulk density occurred at 0-5 cm depth, respectively in the AFS (1.45 g cm³) and reforestation (1.37 g cm³). The organic carbon contents were influenced by the depth in all systems, with larger

surface. There were significant differences in C storage systems evaluated in relation to the fragment of native vegetation. The largest stock of C in the soil occurred in agroforestry system and lower C storage in the soil was observed under native vegetation. The diversified agroforestry and reforestation heterogeneous have similar C stock in the soil in amounts significantly above the soil under native vegetation in amounts significantly above the soil under native vegetation to the sites evaluated. With respect to biomass, the data show that there is an intrinsic relationship between fresh and dry weights with the amount of C accumulated in plant biomass, and reforestation and agroforestry system presented, respectively, lower values for the C stocks in the component woody and the fragment of native vegetation has a higher C storage in biomass compared with the other systems studied. Therefore, the results suggest that both agroforestry and reforestation are good storers of C in plant biomass and soil, and can be used for restoration of degraded areas, with diversified agroforestry systems also add monetary value to family income, in addition to producing subsistence food, contributing to food security.

Keywords: organic carbon, soil, restoration systems, woody component.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a questão da biodiversidade tem enorme relevância, inclusive no contexto político no global (Alho, 2012). A preocupação com a crescente diminuição dos ecossistemas naturais tem gerado diversos estudos, visando a restabelecer as comunidades naturais de áreas que sofreram degradação (Espíndola et al. 2005).

A queima de combustíveis fósseis e a mudança no uso da terra são apontadas como principais fatores que contribuem para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), assim, remover o C da atmosfera e posteriormente estocar na biosfera vegetal é uma das opções que atendem as propostas para compensar emissões de GEE (IPCC, 2007).

O modelo de agricultura, predominantemente empregado nas últimas décadas no Mato Grosso do Sul, baseia-se na utilização intensa de recursos externos à propriedade, na homogeneização da paisagem e na adaptação do ambiente às culturas de interesse comercial (Padovan et al. 2005). Tal modelo vem se mostrando insustentável principalmente nos países tropicais, como pode ser evidenciado pelo elevado grau de degradação de pastagens, os altos custos de produção das culturas e a crescente contaminação de mananciais de água pelo uso excessivo de agrotóxicos, além de se mostrar um modelo excludente e inapropriado para as unidades de produção familiar (Gliessman, 2000; Altieri, 2002).

Por meio de ações de reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas é possível absorver os GEE incorporando-os na biomassa vegetal. Dessa forma estudos relacionados à restauração florestal vêm aumentando, tendo como principais objetivos quantificar o C fixado pelos diferentes arranjos de cultivos agrícolas nas diversas situações ambientais, e discutir a verdadeira efetividade dessa estratégia para reduzir os níveis de CO₂ atmosférico (Melo e Durigan, 2006).

O C removido da atmosfera sob forma de CO₂ é incorporado à biomassa das plantas, tanto na parte aérea quanto nas raízes e no solo, sob forma orgânica, além de ser estocado na forma de produtos duráveis derivados dessas plantas (Palm et al. 2004). Sabe-se que a matéria orgânica do solo é essencial no ciclo global do C, pois representa o maior reservatório de C terrestre, compreendendo cerca de duas vezes a quantidade de

C na atmosfera e na biomassa vegetal (Bruce et al. 1999; Swift, 2001), desempenhando papel crucial no sequestro do C (Stevenson, 1994).

As combinações agroflorestais podem representar uma alternativa de estímulo econômico à recuperação florestal, levando à incorporação do componente arbóreo em estabelecimentos rurais (Rodrigues et al, 2007).

Segundo Altieri (2002), os Sistemas Agroflorestais - SAFs representam uma alternativa promissora, pois são sistemas que buscam resgatar o funcionamento dos ecossistemas naturais, adaptando o sistema produtivo às condições ambientais locais, seguindo princípios ecológicos específicos para o ambiente em que se encontram.

Os serviços ambientais gerados pelos SAFs são de grande significância à sociedade humana, são substitutos para o sistema de derruba e queima, imitam os sistemas naturais, possibilitam a recuperação de áreas degradadas, melhoram a infiltração d'água no solo e o acúmulo de matéria orgânica, atuam na produção diversificada de bens como frutos, madeira, resinas, óleos, borrachas, assim como na proteção dos ciclos biogeoquímicos e dos mananciais, e, portanto, contribuem diretamente para a conservação da biodiversidade, além de estocarem C na biomassa vegetal e no solo (Kitamura, 2003; Brancher, 2010; Bolfe, 2011).

Os SAFs e reflorestamentos heterogêneos desempenham funções semelhantes aos das florestas nativas e representam, portanto, alternativas importantes para o desenvolvimento sustentável, especialmente da agricultura de base familiar. Nesse contexto, realizou-se um estudo com o objetivo geral de conhecer estoques de C em sistemas de restauração ambiental na região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, tendo como objetivo específico a quantificação do estoque de C na biomassa vegetal e no solo nesses sistemas. Para melhor apresentação deste estudo, esta dissertação consta de dois artigos, sendo:

1º Artigo – Estoque de C no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Nesse estudo objetivou-se quantificar o estoque de C no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

2º Artigo – Estoque de C no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. O objetivo deste estudo foi estimar o estoque de C no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

ALHO, C.J.R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. *Estudos Avançados* 26 (74), 2012.

ALTIERI, M.A. Agroecologia: as bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592pp.

BOLFE, E.L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M.C. Correlação entre o Carbono de sistemas agroflorestais e índices de vegetação. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 2011. 1705pp.

BRANCHER, T. Estoque e ciclagem de Carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental. Instituto de Geociência da Universidade Federal do Pará em convênio com a Embrapa-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, 2010. 58pp.

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

ESPÍNDOLA, M.B, BECHARA, F.C.; BAZZO, M.S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. *Biotemas*, 18 (1): 27 – 38, 2005.

GLIESSMAN, S.R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 653 pp.

IPCC Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007. 104 pp.

KITAMURA, P.C. Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2003.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de Carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 71: 149-154, 2006.

PADOVAN, M.P.; FEHELAUER, T. J.; URCHEI, M.A.; SANTOS, A.N.; LEONEL, L.A.K. Agroecologia no Estado de Mato Grosso do Sul. In: Padovan MP, Urchei MA., Mercante FM., Cardoso, S. (Ed.). *Agroecologia em Mato Grosso do Sul: Princípios, Fundamentos e Experiências*. 2. ed. Dourados-MS: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 121-127, 2005.

PALM, C.; TOMICH, T.; VAN NOORDWIJK, M.; VOSTI, S.; GOCKOWSKI, J.; ALEGRE, J.; VERCHOT, L. Mitigating GHG emissions in the humid tropics: Case studies from the alternatives to slash-and-burn program (ASB). *Environ., Develop. Sustainab*, 6: 145-162, 2004.

RODRIGUES, E.R.; CULLEN, J.R.L.; BELTRAME, T.P.; MOSCOGLIATO, A.V.; SILVA, I.C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.941-948, 2007.

STEVENSON, F.J. *Humus Chemistry: genesis, composition and reactions*. 2.ed. New York, Willey & Sons Inc., 1994. 496pp.

SWIFT, R.S. Sequestration of C by soil. *Soil Science*, 166: 858-871, 2001

Artigo 1

Estoque de Carbono no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil

Resumo

O objetivo deste estudo foi quantificar através de método indireto o estoque de Carbono (C) no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental. As avaliações foram realizadas de fevereiro a julho de 2012, na região Sudeste do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A microrregião caracteriza-se por apresentar uma vegetação de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado. Fizeram parte do estudo um sistema agroflorestal diversificado, uma área de reflorestamento e, como testemunha, um fragmento de vegetação nativa. Em cada sistema foram demarcadas 100 parcelas de 10 x 10 m e medidos todos os indivíduos arbóreos e arbustivos da área e estimada a altura total. Os valores das circunferências foram transformados em diâmetro. Os dados foram agrupados em 30 amostras em cada sistema estudado e utilizou-se o fator de conversão para estimar o valor de carbono. Em seguida os valores obtidos por grupo através de equação alométrica foram multiplicados pelo número de plantas obtidas no levantamento, resultando em um valor total de C fixado por todos os indivíduos da área por hectare, apresentados em Mg. Foram inventariados 1680, 2100 e 3750 indivíduos ha^{-1} , respectivamente, no SAF, reflorestamento e fragmento de vegetação nativa. O estoque total de C estimado foi de 50,99 Mg ha^{-1} , 14,61 Mg ha^{-1} e 8,13 Mg ha^{-1} no fragmento de vegetação nativa, no reflorestamento e no sistema agroflorestal, respectivamente, sendo que a vegetação nativa destacou-se na estocagem de C na biomassa vegetal em relação aos sistemas de restauração. No entanto, considerando a idade do sistema agroflorestal e do reflorestamento e a menor densidade de indivíduos nesses sistemas de restauração em relação à vegetação nativa, pode-se inferir que esses sistemas também possuem elevada capacidade de estocagem de C na biomassa vegetal.

Palavras-chave: serviços ambientais, sistemas agroflorestais, reflorestamento heterogêneo, biomassa vegetal, sequestro de Carbono.

Carbon stock in woody component systems in environmental restoration in the southeastern of Mato Grosso do Sul State, Brazil

Abstract

The aim of this study was to quantify the indirect method through carbon (C) storage in woody component systems in environmental restoration. The evaluations were conducted from February to July 2012, in the Southeast region of the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. The micro-region is characterized by having a transitional vegetation between Forest Semideciduous and Cerrado. Study participants were diverse agroforestry systems, a reforestation area and, as a witness, a fragment of native vegetation. In each system were 100 plots of 10 x 10 m measured all trees and shrubs in the area and estimated the total height. The values were transformed into the circumferences diameter. Data were grouped into 30 samples in each system studied and used the conversion factor to estimate the value of carbon. Then the values obtained

by the group through allometric equation were multiplied by the number of plants obtained in the survey, resulting in a total value of C fixed by all individuals in the area per hectare, shown in Mg. They were surveyed in 1680, 2100 and 3750 individuals ha⁻¹, respectively, in the SAF, reforestation and fragment native vegetation. The total stock of C was estimated to be 50.99 Mg ha⁻¹, 14.61 Mg ha⁻¹ and 8.13 Mg ha⁻¹ in the fragment of native vegetation, reforestation and agroforestry system, respectively, and the vegetation native excelled in C storage in plant biomass in relation to systems restoration. However, considering the age of agroforestry and reforestation and lower density of individuals in these systems in relation to the restoration of native vegetation, it can be inferred that these systems also have high storage capacity C in plant biomass

Keywords: environmental services, agroforestry, reforestation, biomass, Carbon sequestration.

1 Introdução

Ações de conservação e, principalmente, de recuperação que garantam a manutenção da biodiversidade, da água, das condições climáticas e de outros serviços ambientais essenciais à manutenção e melhoria da qualidade de vida da população são necessárias na atualidade (Ribeiro et al. 2009). Enquanto o desmatamento, o uso inadequado da terra, a queima de combustíveis fósseis associados a outras atividades humanas, conduzem à degradação de recursos naturais, bem como o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Arevalo et al. 2002; IPCC, 2007).

Iniciativas de restauração de florestas visam o restabelecimento de serviços ecossistêmicos e a proteção de espécies nativas locais (Brancaion et al. 2010), assim como resgatar a diversidade regional, para garantir a sustentabilidade da comunidade restaurada (Rodrigues et al. 2007).

As plantas absorvem o C que é incorporado à biomassa, durante as fases iniciais de sucessão, tanto na parte aérea quanto nas raízes e no solo, sob formas orgânicas, além de ser estocado na forma de produtos duráveis (Castro e Kauffman, 1998; Palm et al. 2004), as florestas removem C, na forma de CO₂, em maiores proporções quando jovens e em fase de crescimento e à medida que atingem a maturidade e o crescimento se estabiliza, a absorção de CO₂ é reduzida e a vegetação entra em estágio de equilíbrio dinâmico (Carvalho et al. 2010)

As florestas naturais são recursos essenciais para todas as sociedades, com importância de proporcionar serviços e produtos imprescindíveis para o bem estar da população (Miranda, 2008). Neste sentido, o reflorestamento é importante no combate às mudanças climáticas, pois promovem o sequestro de CO₂ da atmosfera e estoca na biomassa vegetal, assim como sistemas produtivos sustentáveis que contribuem para a conservação dos recursos naturais e são potencialmente prestadores de serviços ambientais, destacando-se os sistemas agroflorestais em bases agroecológicas, que têm sido recomendados para regiões tropicais, devido aos benefícios ambientais, sociais e econômicos que associam (Gama-Rodrigues et al. 2006; Couto e Preiskon, 2009).

Entre os diversos sistemas de produção agropecuária, os SAFs acumulam maior volume de biomassa aérea, principalmente devido ao componente arbóreo, que forma um sistema radicular mais desenvolvido e cria estratos vegetais diferenciados em relação aos cultivos anuais (Osterroth, 2002). Além de produzirem vários serviços ambientais, os SAFs apresentam baixa demanda de insumos, sendo uma opção estratégica para pequenos produtores.

Para estudos do balanço global de Co, a estimativa de biomassa acima do solo é imprescindível (Ketterings et al. 2001). Tal informação pode ser obtida de um ecossistema por método direto - destrutivo ou indireto - não destrutivo. O método direto é mais acurado e eficaz, mas necessita pesquisar todas as árvores de uma área e, em geral, trabalhos que utilizam esse método baseiam-se em poucas e pequenas parcelas, tendenciosamente escolhidas. Já o método indireto consiste na utilização de dados de inventários florestais e equações alométricas para estimativa de biomassa (Higuchi et al. 1998; Hairiah et al. 2001; Andrade e Higuchi, 2009).

Por meio de ações de reflorestamentos, especialmente com espécies nativas, é possível recuperar a estrutura florestal e as funções ecológicas de uma área e ainda realizar a remoção dos gases de efeito estufa da atmosfera, através do acúmulo de biomassa vegetal (Couto e Preiskon, 2009).

Nesse contexto, objetiva-se quantificar o estoque de Carbono no componente arbustivo-arbóreo em sistemas de restauração ambiental na região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

2 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido durante o período de fevereiro a julho de 2012, na região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A microrregião caracteriza-se por apresentar uma vegetação de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado sensu stricto, com perda de praticamente toda a cobertura original, o que é atribuída à intensa exploração econômica de madeiras das florestas originais, pelas atividades decorrentes do chamado ciclo da erva-mate e da agricultura intensiva em extensas áreas mecanizadas e em monocultura, acontecidos na região (Mato Grosso do Sul, 2010). O clima de ocorrência, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno.

Os dados foram coletados em um sistema agroflorestal diversificado, uma área de reflorestamento heterogêneo e, como testemunha, um fragmento de vegetação nativa.

2.1 Caracterização das áreas de estudo

Sistema agroflorestal diversificado - localiza-se no sítio Santa Cecília, município de Glória de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas geográficas são 22°025'S e 54°014'W, com 400 m de altitude (Normais..., 1992), com solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa (Santos et al. 2006), sendo que na profundidade de 0-30 cm apresenta 71,1% de areia, 6,3% de silte e 14,6% de argila.

A propriedade caracteriza-se como unidade de produção familiar, manejada seguindo princípios agroecológicos. A área do sítio corresponde a 30 ha, sendo a área plantada com SAF correspondente a 9 ha, o qual foi implantado a partir de 1997. A estruturação do SAF visou criar condições mais adequadas para a cultura do café, com intuito de garantir sombreamento parcial, e aumentar a diversidade de espécies no agroecossistema. Em 2000, o manejo passou a ser integralmente no sistema orgânico.

Reflorestamento com espécies nativas e exóticas - foi implantado em 2000, correspondendo a 3 há, sendo inserido numa área de 30 ha de propriedade da Prefeitura Municipal de Jateí, Mato Grosso do Sul, sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMMA, cujas coordenadas geográficas são 22°031' S e 54°019' W, com 424 m de altitude (Normais..., 1992), tendo solo classificado como Latossolo

Vermelho distrófico, textura arenosa (Santos et al. 2006), sendo que na profundidade de 0-30 cm apresenta 75,23% de areia, 7,34% de silte e 17,43% de argila.

A cobertura vegetal revela predominância de Floresta Estacional Semidecidual e de contatos com Savanas que, ao passar do tempo, foi descaracterizada pela ação antrópica, cedendo lugar principalmente às pastagens.

O Sítio Escola é uma Unidade de Referência voltada para a agricultura familiar, destinada à pesquisa, difusão de tecnologias e educação ambiental. No local, a exemplo da maioria das pequenas propriedades rurais da região, são encontradas variadas formas de degradação ambiental, causadas por longo período de exploração inadequada dos recursos naturais.

Fragmento de vegetação nativa - localiza-se no assentamento Aimoré, Município de Glória de Dourados, Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas geográficas são 22°023' S e 54°08' W, com 411 m de altitude (Normais..., 1992). A área de estudo localiza-se em uma reserva legal coletiva, cuja cobertura vegetal nativa corresponde a 7,9 ha. O restante da área para a complementação da reserva legal, corresponde a 80,22 ha e foi demarcada e isolada com cercas para a regeneração natural. O solo da área envolvida no estudo é classificado segundo Santos et al. (2006) como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa, sendo que na profundidade de 0-30 cm apresenta 88,64% de areia, 3,93% de silte e 7,43% de argila.

2.2 Métodos de amostragem

Em cada uma das áreas avaliadas foram demarcadas 100 parcelas de 10 x 10 m, onde foram medidos todos os indivíduos da parcela e estimada a altura total (H), considerando o intervalo entre o nível do solo e o ápice da planta (Arevalo et al. 2002). Os valores das circunferências obtidas foram transformados em diâmetro à altura do peito (DAP), através da fórmula: $DAP = CAP/\pi$.

Para calcular a média da altura e do diâmetro, os dados foram agrupados em 30 amostras em cada área estudada, sendo as amostras compostas por 125, 70 e 56 indivíduos, respectivamente, no fragmento de vegetação nativa, no reflorestamento e no SAF. Em seguida, utilizou-se o fator de conversão para estimar o valor de Co.

Para cada amostra, foi aplicada a equação alométrica proposta por Higuchi et al. (1998), que refere-se ao cálculo de peso fresco da árvore, na qual estima que 60% deste valor corresponde ao peso seco (40% é água). O total de C equivale a 48% do peso seco. A equação para se calcular o peso fresco de uma árvore é: $\ln PF = -2,694 + 2,038 \ln D + 0,902 \ln H$ Onde, PF = Peso fresco, em kg; ln = Logarítmo natural; D = Diâmetro à altura do peito, em cm; H = Altura total da árvore, em m.

A partir da fórmula acima descrita, obteve-se a quantidade de C estocado por indivíduo, em kg. Os valores obtidos por grupo através da equação alométrica foram multiplicados pelo número de plantas identificadas no levantamento, resultando em um valor total de C fixado por todos os indivíduos em cada sistema, apresentado em Megagrama ha^{-1} .

3 Resultados e discussão

Foram inventariados 3750 corrigir indivíduos ha^{-1} na área de vegetação nativa, 2100 corrigir indivíduos ha^{-1} no reflorestamento e 1680 corrigir indivíduos ha^{-1} no SAF (Tabela 1).

Tabela 1. Peso fresco, peso seco, carbono fixado por amostra e densidade do componente arbustivo-arbóreo nas áreas de estudo: reflorestamento, em Jateí, sistema agroflorestal e mata nativa, em Glória de Dourados, Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 2012.

Amostra	Vegetação nativa			Reflorestamento			Sistema agroflorestal		
Indivíduos ha^{-1}								
	3750			2100			1680		
	PF	PS	C	PF	PS	C	PF	PS	C
1	85,56	51,33	24,64	18,63	11,18	5,37	80,50	48,30	23,18
2	68,83	41,30	19,82	13,08	7,85	3,77	5,51	3,30	1,59
3	72,44	43,46	20,86	14,25	8,55	4,10	27,03	16,22	7,78
4	105,61	63,37	30,42	13,06	7,83	3,76	6,23	3,74	1,79
5	75,67	45,40	21,79	51,60	30,96	14,86	6,37	3,82	1,84
6	99,37	59,62	28,62	14,31	8,59	4,12	13,82	8,29	3,98
7	217,83	130,70	62,74	22,37	13,42	6,44	60,08	36,05	17,30
8	20,18	12,11	5,81	12,87	7,72	3,71	4,02	2,41	1,16
9	17,65	10,59	5,08	39,49	23,69	11,37	6,72	4,03	1,94
10	17,09	10,26	4,92	13,03	7,82	3,75	36,74	22,04	10,58
11	11,37	6,82	3,27	17,78	10,67	5,12	3,23	1,94	0,93
12	6,60	3,96	1,90	50,10	30,06	14,43	6,16	3,69	1,77
13	6,89	4,13	1,98	28,81	17,29	8,30	6,88	4,13	1,98
14	7,97	4,78	2,30	16,47	9,88	4,74	2,98	1,79	0,86

15	12,48	7,49	3,60	42,10	25,26	12,13	3,45	2,07	0,99
16	8,39	5,03	2,42	24,89	14,94	7,17	4,09	2,46	1,18
17	9,56	5,74	2,75	9,72	5,83	2,80	12,30	7,38	3,54
18	7,30	4,38	2,10	33,80	20,28	9,73	5,24	3,14	1,51
19	8,82	5,29	2,54	24,78	14,87	7,14	6,16	3,69	1,77
20	10,68	6,41	3,08	31,09	18,66	8,95	5,12	3,07	1,47
21	8,69	5,21	2,50	11,40	6,84	3,28	3,15	1,89	0,91
22	8,25	4,95	2,38	16,41	9,85	4,73	5,08	3,05	1,46
23	9,96	5,98	2,87	35,80	21,48	10,31	4,78	2,87	1,38
24	8,49	5,10	2,45	27,72	16,63	7,98	2,23	1,34	0,64
25	27,74	16,65	7,99	28,78	17,27	8,29	33,28	19,97	9,58
26	41,29	24,78	11,89	24,72	14,83	7,12	3,73	2,24	1,07
27	71,24	42,74	20,52	21,42	12,85	6,17	4,36	2,61	1,25
28	85,87	51,52	24,73	21,33	12,80	6,14	3,22	1,93	0,93
28	110,17	66,10	31,73	18,57	11,14	5,35	5,42	3,25	1,56
30	182,07	109,24	52,44	32,11	19,27	9,25	141,66	85,00	40,80
Média (Kg)	47,47	28,48		24,35	14,61		16,98	10,19	
Média por indivíduo (Kg)			13,67			7,01			4,89
Estoque de C (Mg ha ⁻¹)			51,26			14,72			8,21

As médias para peso fresco foram 47,47; 24,35 e 16,98 kg, respectivamente, na vegetação nativa, reflorestamento e SAF. As médias para peso seco foram 28,48; 14,61 e 10,19 kg, respectivamente, na vegetação nativa, reflorestamento e SAF (Tabela 1).

Os valores de estoque de C na biomassa vegetal observados neste estudo foram 51,26; 14,72 e 8,21 Mg C ha⁻¹, respectivamente, na vegetação nativa, no reflorestamento e no SAF. Santos et al. (2004), avaliando SAFs originados a partir do manejo da floresta natural localizados em áreas de várzeas do rio Juba no Estado do Pará, encontraram de 57,96 Mg ha⁻¹ a 181,26 Mg ha⁻¹, valores bem superiores aos encontrados no presente estudo.

Lacerda et al. (2009), em um estudo para estimar a biomassa e C em áreas de restauração florestal no Estado de São Paulo, encontraram 50, 74 Mg C ha⁻¹, 37, 49 Mg C ha⁻¹, 33, 87 Mg C ha⁻¹ e 27, 98 Mg C ha⁻¹, respectivamente, nos municípios de Ibaté, Penápolis, Valparaíso e Guaraçai, quantidades superiores ao encontrado no reflorestamento neste estudo.

Souza et al. (2011) avaliaram o sequestro de C entre 2002 e 2007 em dois fragmentos de Florestas Estacionais Semidecíduais nos municípios de Caratinga e Bom

Jesus do Galho, Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, onde a tipologia vegetal original insere-se na região fitoecológica semelhante ao do presente estudo, e encontraram 35,87 Mg ha⁻¹ e 73,42 Mg ha⁻¹ em 2002 e, respectivamente, 36,54 Mg ha⁻¹ e 79,38 Mg ha⁻¹, em 2007.

A maior média de DAP foi 19,91cm e a menor foi 4,5 cm, respectivamente, no sistema agroflorestal e na vegetação nativa. A maior média de altura (11,81 m) e a menor (2,45 m), respectivamente, foi identificada no fragmento de vegetação nativa e no sistema agroflorestal, respectivamente (Tabela 2).

O valor da média de DAP no SAF maior que na vegetação nativa possivelmente deve-se ao fato de que as árvores maiores possam ter sido retiradas do sistema em exploração ocorridas em épocas passadas.

Para peso fresco, a maior média corresponde a 217,83 kg e a menor média 2,23 kg, no fragmento de vegetação nativa e no sistema agroflorestal, respectivamente. Para peso seco, a maior média foi 130,70 kg, na vegetação nativa, enquanto a menor média foi 1,34 kg, no sistema agroflorestal. Com relação ao C estocado na biomassa vegetal, a maior média foi 62,74 kg pela vegetação nativa e a menor média foi 0,64 kg, no sistema agroflorestal.

2. Estatística descritiva da Densidade (DS), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), Peso Fresco (PF), Peso Seco (PS) e Carbono Estocado (C) das árvores amostradas em sistema agroflorestal, reflorestamento e na vegetação nativa nos Municípios de Glória de Dourados e Jateí, Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 2012.

		DAP	H	PF	PS	C	Total C
		cm	m	-----kg-----			acumulado
							t ha ⁻¹
REFLOREST.	Mínimo	6,69	3,36	9,72	5,83	2,80	14,72
	Máximo	13,08	4,56	51,60	30,96	14,86	
	Média	9,15	4,32	24,35	14,61	7,01	
	DP	1,70	0,71	11,27	6,76	3,25	
SAF	Mínimo	4,68	1,48	2,23	1,34	0,64	8,21
	Máximo	19,91	5,59	141,66	85,00	40,80	
	Média	7,84	2,45	16,98	10,19	4,89	
	DP	3,28	1,42	29,69	17,81	8,55	
VEGET.	Mínimo	4,5	4,91	6,60	3,96	1,90	51,26

NATIVA

Máximo	17,88	11,81	217,83	130,70	62,74
Média	8,53	7,35	47,47	28,48	13,67
DP	4,1	2,0	54,55	32,73	15,71

DP = desvio-padrão.

O menor valor de C estocado no SAF pode estar relacionado com a altura e o diâmetro das espécies vegetais presentes no sistema, cujas médias foram, respectivamente, de 7,84 m e 2,45 cm. Para os menores valores de diâmetro, média de altura e estoque de C no SAF, deve-se considerar ainda que do total de indivíduos arbóreas e arbustivos avaliados em um ha 1241 pertencem à espécie *Coffea arabica* L. e 421 indivíduos são arbustivos e arbóreos de outras espécies, ou seja, bem menor que nos outros sistemas.

Apesar da menor quantidade de C estocado na biomassa vegetal no SAF, ressalta-se que estes agroecossistemas contemplam aspectos ambientais, mas também exercem importante papel socioeconômico visando à sustentabilidade do sistema produtivo e de famílias rurais.

4 Conclusões

Os dados demonstram que há uma intrínseca relação entre os pesos fresco e seco com a quantidade de C acumulado na biomassa vegetal.

O reflorestamento e o sistema agroflorestal apresentaram, respectivamente, menores valores para o estoque de C no componente arbustivo-arbóreo na região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

O fragmento de vegetação nativa apresenta maior estoque de C na biomassa aérea quando comparado com os demais sistemas estudados.

5 Referências

ANDRADE, E.A.; HIGUCHI, N. Produtividade de quatro espécies arbóreas de terra firme da Amazônia central. *Acta Amazonica*, 39: 105-112, 2009.

AREVALO, L.A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J.M. Metodologia para estimar o estoque de C em diferentes sistemas de uso da terra. Colombo- PR: Embrapa Florestas, 2002. 73.41pp.

BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G. GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, 34:455-470, 2010.

CARVALHO, J.L.N, AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de Carbono los diferentes biomas do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do SOLO, 34: 277-290, 2010.

CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, 1998.

COUTO, H.T.Z.; PREISKORN, G.M.; CORBONO, E.M. FLORESTAS NATIVAS IMPLANTADAS In: III Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Instituto de Botânica de São Paulo, 1: 121-130, 2009.

GAMA-RODRIGUES, A.C.D.; BARROS, N.F.D.; GAMA-RODRIGUES, E.F.D.; FRETAS, M.S.M.; VIANA, A.P.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.D.A. Sistemas agrofloretais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006. 365pp.

HAIRIAH, K.; DEWI, S.; AGUS, F.; VELARDE, S.; EKADINATA, A.; RAHAYU, S.; VAN NOORDWIJK, M. Measuring C Stocks Across Land Use Systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office, 2011. 154 pp.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 28: 153-166, 1998.

IPCC Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza, 2007. 104 pp.

KETTERINGS, Q.M.; COE, R.; NOORDWIJK, M.; VAN AMBAGAU, Y.; PALM, C.A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146: 199-209, 2001.

LACERDA, J.S.; COUTO, H.T.Z.; HIROTA, M.M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J.L. Estimativa da Biomassa e Carbono em Áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas. *METRVM*, n.5, 2009. 23pp.

MATO GROSSO DO SUL (2009) Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia Campo Grande: Disponível em: <<http://www.semac.ms.gov.br/zeems/index.php?inside=1&tp=3&show=2259>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2012.

MIRANDA, D.L.C. Modelos matemáticos de estoque de biomassa e Carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista. Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 113pp.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990). Brasília, DF: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84pp.

PALM, C.; TOMICH, T.; VAN NOORDWIJK, M.; VOSTI, S.; GOCKOWSKI, J.; ALEGRE, J.; VERCHOT, L. Mitigating GHG emissions in the humid tropics: Case studies from the alternatives to slash-and-burn program (ASB). *Environ., Develop. Sustainab*, 6: 145-162, 2004.

RIBEIRO, S.C.; JACOVINE, L.A.G.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V.; SOUZA A.L.; NARDELLI, A.M.B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de Carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33: 917-926, 2009.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Brazilian Journal of Forestry Research*, Colombo, 55: 7-21, 2007.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBREBAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306pp.

SANTOS, S.R.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. *Acta Amazonica*, 34: 1-8, 2004.

SOUZA, A.L.; BOINA, A. SOARES, C.P.B.; VITAL, B.R.; GASPAR, R.O.; LANA, J.M. Estoque e crescimento em volume, biomassa, Carbono e dióxido de Carbono em floresta estacional semidecidual. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35: 1277-1285, 2011.

Artigo 2

Estoque de Carbono no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil

Resumo

Os sistemas de conservação das florestas e os de restauração de ambientes degradados apresentam-se como formas de contribuir para a mitigação de alterações ambientais provocadas pelo excesso de CO₂ na atmosfera armazenando-o no solo. Este estudo foi desenvolvido de fevereiro a outubro de 2012, na região Sudeste do estado de Mato Grosso do Sul pela qual se objetivou estimar o estoque de C no solo em um sistema agroflorestal (SAF), um reflorestamento um fragmento de vegetação nativa na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, cujo solo é classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa. Para tanto, em cada sistema de restauração estudado foi demarcado uma parcela de 50 m x 50 m na qual foram abertas dez trincheiras, onde foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30 cm de profundidade. A densidade no solo é inversamente proporcional ao teor de C no solo nos três sistemas estudados. O SAF apresentou a maior densidade do solo na profundidade 0-5 cm, diferindo significativamente do reflorestamento que apresentou menor valor de densidade no perfil. O solo sob o SAF encontra-se significativamente mais denso que na área de vegetação nativa nas profundidades de 5-15 e 15-30 cm. Os teores de C orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na superfície. O maior estoque de C no solo ocorreu no sistema agroflorestal e o menor estoque de C no solo foi constatado sob a vegetação nativa. Os valores de estimados para o estoque de C foram semelhantes no sistema agroflorestal e no reflorestamento, nos três perfis estudados, sendo que estes sistemas apresentam elevado potencial para sequestrar e estocar C e podem ser utilizados para restauração de áreas degradadas, contribuindo para a redução do aquecimento global, entre outros serviços ambientais prestados por esses sistemas.

Palavras-Chave: Carbono orgânico, matéria orgânica do solo, mudanças climáticas, agrofloresta.

C storage in soil systems in environmental restoration in the southwestern of Mato Grosso do Sul State, Brazil

The systems of forest conservation and restoration of degraded environments are presented as ways to contribute to the mitigation of environmental changes caused by excess CO₂ in the atmosphere by storing it in the soil. This study was conducted from February to October 2012, in the southeastern state of Mato Grosso do Sul by which to estimate the soil C stock in an agroforestry system (AFS), a fragment of a reforestation of native vegetation in the Southeast State of Mato Grosso do Sul, where the soil is classified as Typic, sandy texture. Therefore, in each restoration systems studied was demarcated a portion of 50 m x 50 m in which ten trenches were opened, where soil samples were collected in the 0-5, 5-15 and 15-30 cm depth. The soil density is

inversely proportional to the carbon content of the soil in the three systems studied. The SAF had the highest density in the 0-5 cm depth, differing significantly from reforestation and showed the lowest value of the density profile. The soil under the SAF is significantly denser than in the area of native vegetation in depths of 5-15 and 15-30 cm. The organic C content were influenced by the depth in all systems, with larger surface. The largest stock of soil C occurred in agroforestry system and the lowest C stocks in the soil was observed under native vegetation. The values estimated for the stock of C were similar in agroforestry and reforestation in the three studied profiles, and these systems have high potential to sequester and store C and can be used to restore degraded areas, contributing to the reduction of global warming, and other environmental services provided by these systems.

Keywords: organic C, soil organic matter, climate change, agroforestry.

1 Introdução

O solo e os sistemas de manejo conservacionistas estão no foco das pesquisas de agricultura que têm em vista conhecer formas de manejo sustentável do solo devido às preocupações ambientais e mudanças climáticas globais, sendo que algumas práticas de manejo têm grande influência sobre o teor de Carbono orgânico no solo (COS), apresentando potencial em reter Carbono (C) atmosférico no solo e contribuir para a mitigação do aquecimento global (Cogo et al. 2012).

Os biomas mais importantes como drenos de C são predominantemente florestas e savanas, como o Cerrado brasileiro (Lopes e Miola, 2010). Nesse sentido os sistemas de restauração ambiental destacam-se para atuar como sequestradores e estocadores de COS, especialmente o sistema agroflorestal, o reflorestamento e a conservação da vegetação nativa que apresentam características peculiares.

Os sistemas agroflorestais são considerados promissores quanto ao estoque de CO, pois, a interação das árvores resulta em maior sequestro de CO₂ da atmosfera (Benavides et al., 2009; Soto-Pinto et al., 2010), além de não possuir revolvimento de solo e preservar os resíduos vegetais em sua superfície.

Outra forma proeminente de estocagem de C é o reflorestamento, principalmente nas regiões tropicais, que tem sido apontado como meio eficiente no sequestro de C em razão da acumulação deste na madeira e aumento do estoque no solo (Pulrolnik, 2009).

O estoque de C de um solo sob vegetação natural representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (Sholes et al. 1997). A humificação, agregação e a sedimentação são os três principais processos responsáveis pelo sequestro de carbono. Ao mesmo tempo a erosão, decomposição, volatilização e a lixiviação são os processos responsáveis pelas perdas de C no solo (Machado, 2005).

Em ecossistemas naturais, geralmente o conteúdo de C diminui da superfície em direção às camadas mais profundas do solo, resultando em sua estratificação no perfil, fenômeno que ocorre devido ao efeito combinado do contínuo aporte superficial dos resíduos vegetais animais associados à ausência de mobilização do solo (Ferreira et al. 2012).

Em geral, os solos com maiores teores de argila, possuem maior capacidade de estocar Co, possuem menor densidade, principalmente pelo fato de possuírem maior porosidade total (Silva et al. 2006). Os Latossolos apresentam, em média, maior teor de argila que as demais classes de solo, com valores médios acima de 60% e alto grau de floculação de argila, características que conferem maior proteção física ao Carbono orgânico, devido à formação de complexos argilo-orgânicos, menos propensos à decomposição (Gatto, 2010).

Através deste trabalho objetivou-se estimar o estoque de C no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

2 Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido durante o período de fevereiro a outubro de 2012, na região Sudeste do estado de Mato Grosso do Sul. A microrregião caracteriza-se por apresentar vegetação de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado sensu stricto sensu stricto, com perda de praticamente toda a cobertura original, o que é atribuído ao intenso aproveitamento econômico das madeiras das florestas originais, e pelas atividades decorrentes do chamado ciclo da erva-mate acontecido na região Mato Grosso do Sul (2010). O solo é classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa

(Mato Grosso do Sul, 1989). O clima de ocorrência, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno.

Os dados foram coletados em um sistema agroflorestal diversificado, uma área de reflorestamento e, como testemunha, um fragmento de vegetação nativa.

3 Caracterização das áreas de estudo

Sistema agroflorestal diversificado - localiza-se no sítio Santa Cecília, município de Glória de Dourados, MS, cujas coordenadas geográficas são 22°025'S e 54°014'W, com 400 m de altitude (Normais climatológicas, 1992), com solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa (Santos et al. 2006). A composição granulométrica na profundidade de 0-5 cm corresponde a 81,9% de areia, 7% de silte e 11,1% de argila. Na profundidade de 5-15 cm corresponde a 80,2% de areia, 6,8% de silte e 13% de argila; já na profundidade de 15-30 cm corresponde a 75,2% de areia, 5,1% de silte e 19,7% de argila, ficando evidente o aumento da porcentagem de argila com o aumento da profundidade.

A propriedade caracteriza-se como unidade de produção familiar. A área do sítio corresponde a 30 ha, sendo que a área plantada com SAF correspondente a 9 ha, implantado em 1997. O SAF foi implantado inicialmente para criar condições mais adequadas para a cultura do café *Coffea arabica* L., para garantir o sombreamento parcial, e aumentar a diversidade de espécies no sítio. Em 2000, a propriedade passou a ser manejada integralmente no sistema orgânico.

Reflorestamento com espécies nativas e exóticas – Situado no Município de Jateí, MS apresenta-se como extensão da reserva legal do Sítio-Escola. Foi implantado em 2000, compreende 3 ha e está inserido numa área de 30 ha de propriedade da Prefeitura de Jateí, sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMMA, cujas coordenadas geográficas são 22°031'S e 54°019' W, com 424 m de altitude (Normais climatológicas, 1992), com solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa (Santos et al. 2006). A composição granulométrica na

profundidade de 0-5 cm corresponde a 78,6% de areia, 8,4% de silte e 13% de argila, enquanto na profundidade de 5-15 cm corresponde a 76,9% de areia, 6,8% de silte e 16,3% de argila e na profundidade de 15-30 cm corresponde a 70,2% de areia, 6,8% de silte e 23% de argila, sendo que houve aumento da porcentagem de argila com o aumento da profundidade.

A cobertura vegetal revela predominância de Floresta Estacional Semidecidual e de contatos com Savanas que, ao passar do tempo, foi descaracterizada pela ação antrópica, cedendo lugar principalmente às pastagens.

O Sítio Escola é uma Unidade de Referência voltada para a agricultura familiar, destinada à pesquisa, difusão de tecnologias e educação ambiental. No local, a exemplo da maioria das pequenas propriedades rurais da região, são encontrados variadas formas de degradação ambiental, causadas por longo período de exploração inadequada dos recursos naturais.

Fragmento de vegetação nativa - localiza-se no assentamento Aimoré, no Município de Glória de Dourados, MS, cujas coordenadas geográficas são 22°023'S e 54°08' W, com 411 m de altitude (Normais climatológicas, 1992). A área de estudo localiza-se em uma reserva legal coletiva, cuja cobertura vegetal nativa corresponde a 7,9 ha. O restante da área para a complementação da reserva legal, corresponde a 80,22 ha e foi demarcada e isolada com cercas para a regeneração natural. O solo da área envolvida no estudo é classificado segundo Santos et al. (2006) como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa, sendo que a composição granulométrica na profundidade de 0-5 cm corresponde a 90,2% de areia, 3,5% de silte e 6,3% de argila. Na profundidade de 5-15 cm corresponde a 88,8% de areia, 3,2% de silte e 8% de argila; já na profundidade de 15-30 cm corresponde a 86,9% de areia, 5,1% de silte e 8% de argila.

Procedimentos de amostragem e análises

Em cada sistema de estudo foi demarcada uma parcela de 50 m de largura e 50 m de comprimento, na qual foram abertas dez trincheiras, onde foram coletadas amostras de solo configuradas num fatorial de 3 x 3, sendo nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30 cm de profundidade e nos três sistemas de restauração estudados.

Para análise da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas de solo, utilizando-se anéis de metal de bordas cortantes, com volume interno previamente conhecido (100 cm^3). Introduziu-se o anel de aço no solo com auxílio do amostrador tipo Uhland até o preenchimento total do anel, à profundidade desejada. O excesso de solo foi removido e logo após revestiu-se as partes superior e inferior do anel contendo a amostra indeformada com gaze, prendendo-a com uma goma elástica.

No Laboratório de Física de Solos da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, procedeu-se a pesagem do solo e, posteriormente, o anel com o solo amostrado foi levado para estufa a 105°C durante 24 horas, até atingir peso constante.

Após esse processo, as amostras foram pesadas novamente, calculando-se a densidade do solo (D_s), em g cm^{-3} , conforme Embrapa (1997), utilizando-se a seguinte expressão: $D_s = M_s/V_t$, onde M_s = massa seca da amostra de solo (g) e V_t = volume do anel (cm^3)

Para avaliar o teor de COS, amostras simples foram obtidas com auxílio de espátulas de aço, coletando-se em torno de 1 kg de solo em cada camada, que foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas.

Posteriormente, as amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, onde foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2,0 mm e homogeneizadas.

O C orgânico foi determinado pelo método proposto por Yeomans & Bremner (1989). Para calcular o estoque de C orgânico nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30 cm de profundidade do solo, utilizou-se a equação descrita por Szakacs (2003), sendo $EC = C \cdot 100^{-1} \cdot \delta \cdot p \cdot 100$, onde, EC equivale ao estoque de C (t ha^{-1}); C refere-se ao teor de C (%); δ corresponde à densidade do solo (g cm^{-3}); e p representa a profundidade da camada de solo (cm).

Os resultados obtidos para densidade, teores de COS e estoque de C nas camadas amostradas no solo foram submetidos à análise de variância, sendo que para as variáveis que houve significância no teste F, o teste de Tukey a 5 % de probabilidade foi aplicado para a comparação de médias.

4 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores de densidade e teor de Carbono nas três áreas em diferentes profundidades avaliadas.

Tabela 1. Densidade e estoque de Carbono do solo em diferentes profundidades envolvendo sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste de Mato Grosso do Sul, em 2012.

Profundidade (cm)	Densidade			Teor de C		
	Sistemas de restauração					
	VEG. NATIVA	SAF	REF	VEG. NATIVA	SAF	REF
	g cm ³			%		
0-5	1,43 aAB	1,45 bA	1,37 bB	0,55 aC	1,14 aA	0,92 aB
5-15	1,45 aB	1,55 aA	1,53 aAB	0,42 abB	0,63 bA	0,72 bA
15-30	1,46 aB	1,56 aA	1,54 aAB	0,33 bB	0,65 bA	0,62 bA
CV(%)		4,9			24,5	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O SAF apresentou a maior densidade do solo na profundidade 0-5 cm, diferindo significativamente do reflorestamento que apresentou menor valor de densidade no perfil (Tabela 1). A maior densidade superficial do solo no SAF pode ter sido motivado pelo tráfego de trator entre as linhas do cafeeiro e arbóreas, por ocasião de roçadas de plantas infestantes, bem como nas colheitas de café, entre outras espécies de interesse comercial.

Mion et al (2013) afirma que o uso da mecanização agrícola, que pode causar compactação do solo e comprometer sua estrutura. Valicheski et al. (2012) constataram num estudo desenvolvido em Santa Catarina que os níveis de tráfego de maquinários alteram a densidade do solo, a porosidade total e a resistência do solo à penetração na camada de 0-10 cm de profundidade. A relação do aumento da densidade do solo com a compactação do solo causada pelo tráfego contínuo de máquinas, também foi constatado por Sanches et al. (1999) no município de Matão, região central do estado de São Paulo. Vogelmann et al. (2012), num estudo realizado num Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico, de textura franco arenosa, constataram maiores compactações no solo em camadas subsuperficiais em áreas submetidas a mecanizações adicionais em relação a áreas não mecanizadas.

O solo sob o SAF encontra-se significativamente mais denso que na área de vegetação nativa nas profundidades de 5-15 e 15-30 cm. A maior densidade do solo no

SAF nas camadas de 5-15 e 15-30 cm pode ser decorrente do maior teor de argila, porém o tráfego de trator entre as linhas do cafeeiro e arbóreas pode ter contribuído para a maior densidade do solo nas camadas subsuperficiais nesse sistema.

Constatou-se diferença significativa na densidade do solo no SAF e no reflorestamento na profundidade de 0-5 cm em relação às demais camadas, que apresentaram valores de densidade maiores. De acordo com Mafra et al. (2008), a menor densidade é favorecida pela maior presença de matéria orgânica.

Não houve diferença na densidade do solo entre as profundidades sob a vegetação nativa, nas camadas avaliadas nos sistemas de restauração em estudo. O teor de argila semelhante nas diferentes camadas do solo (6,3% na camada de 0-5 cm e 8% de 5-30 cm).

Percebe-se que os valores de densidade são inversamente proporcionais ao teor de C no solo. Os teores de COS variaram na profundidade de 0-5 cm nos três sistemas de restauração em estudo, sendo 1,14% no SAF, 0,92% no reflorestamento e 0,55% no solo sob vegetação nativa.

O solo sob a vegetação nativa apresenta elevada porcentagem de areia em sua composição granulométrica, sendo 90,2% de areia e 6,3% de argila na profundidade de 0-5 cm, 88,8% de areia e 8% de argila na profundidade de 5-15 cm e 86,9% de areia e 8% de argila na profundidade de 15-30 cm, assim, além das relações entre nutrientes na vegetação e no solo, é importante considerar que o fragmento de vegetação nativa estudado é uma área florestal localizada em área que foi submetida à exploração da terra, especialmente pelos trabalhadores ervateiros e da Companhia Mate Laranjeira, empresa que desde meados da década de 1880, detinha a preponderância da exploração dos ervais nativos existentes nas terras na região (JESUS, 2004).

O maior teor de C na profundidade 0-5 cm de solo sob sistema agroflorestal deve-se, provavelmente, ao manejo realizado nesse sistema, no qual anualmente são realizadas podas de conformação das espécies arbóreas, disponibilizando grandes quantidades de material orgânico ao solo, contribuindo para o aumento do teor de C orgânico na camada superficial. Segundo Oelbermann et al. (2006), em SAFs a quantidade e a qualidade dos resíduos de podas das árvores influenciam positivamente a

agregação do solo e os aumentos nos níveis de matéria orgânica, resultando em expressivo sequestro de C no solo a longo prazo.

Cogo et al. (2012) avaliaram os teores de COS com cafeeiros sob sistemas de manejo convencional e agroflorestal, no Sul de Minas Gerais, região de Latossolo Vermelho com textura franca. Os autores constataram que o cafeeiro agroflorestal apresentou valores de C orgânico similar ao da mata nativa, sendo respectivamente 1,98% e 1,89%, significativamente maiores para a posição de projeção da copa quando comparado ao cafeeiro manejado em sistema convencional (1,09%). Os autores afirmam que o maior teor de COS encontrado no sistema de manejo agroflorestal se deve ao maior volume de resíduos orgânicos produzidos pelas árvores e adubação orgânica realizada com palha de café, além de adubação verde nas entrelinhas, ou seja, o sistema de manejo tem grande influência na adição ou perda do COS.

Constatou-se que houve redução do teor de COS com o aumento da profundidade, visto que a camada superficial do solo é a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade. Entre as profundidades 5-15 cm e 15-30 cm, não houve diferença significativa no teor de COS no SAF e no reflorestamento, porém, destas profundidades para a camada mais superficial (0-5 cm) houve diferença significativa, sendo que mais próximo à superfície os valores são mais altos nos dois sistemas.

Souza (2012), ao avaliar o efeito do manejo da cana-de-açúcar com colheita mecanizada sobre a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico típico e verificar sua relação com os teores e os estoques de C orgânico do solo em Guariba, Estado de São Paulo, observou que com o aumento da profundidade ocorreu redução nos teores de Co, nos estoques de C orgânico, e aumento nos valores de densidade do solo. O autor atribui a redução dos estoques do C em profundidade mais à densidade do solo do que propriamente aos teores de C orgânico.

O estoque de C para a profundidade 0-5 cm difere significativamente entre dois sistemas estudados, sendo a vegetação nativa com 3,96 Mg C ha⁻¹ e o sistema agroflorestal com 8,30 Mg C ha⁻¹ (Tabela 2). Solos mais arenosos, como o apresentado na área sob vegetação nativa, são frequentemente mais arejados e possuem menor

capacidade de retenção da matéria orgânica que os de textura mais fina (Mello et al. 1983).

Tabela 2. Estoque de Carbono no solo em diferentes profundidades envolvendo sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste de Mato Grosso do Sul, em 2012.

Profundidade (cm)	Sistemas de restauração		
	VEGET. NATIVA	SAF	REF
 Mg ha ⁻¹		
0-5	3,96 bB	8,30 bA	6,32 cAB
5-15	6,13 abB	9,81 bA	11,06 bA
15-30	7,65 aB	15,48 aA	14,28 aA
0-30	17,74	33,59	31,66
CV(%)		26,9	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O estoque de C para a profundidade 5-15 cm e 15-30 cm não difere entre o reflorestamento e o SAF, porém estes diferem significativamente da vegetação nativa que apresentou valor mais baixo.

Rangel e Silva (2007) estudando estoques de C em diferentes sistemas de uso e manejo em Latossolo Vermelho distroférico típico textura muito argilosa, em Lavras, Minas Gerais, encontraram valores de estoque de C nas áreas de reflorestamento com eucalipto e pinus valores próximo ou acima dos valores encontrados no sistema mata nativa, sem qualquer exploração ou interferência antrópica.

Cogo et al. (2012) avaliaram os teores de COS na profundidade de 0-20 cm e encontraram 30,4 Mg ha⁻¹ no cafeeiro convencional, 49,6 Mg ha⁻¹ no cafeeiro em SAF e 48,6 Mg ha⁻¹ na mata nativa e verificaram que o cafeeiro em sistema agroflorestal apresentou estoques de COS semelhante ao da mata nativa, enquanto que o cafeeiro em sistema convencional apresentou estoque menor.

A Tabela 2 demonstra que dentre os sistemas avaliados, os maiores estoques de C foram encontrados no SAF e no reflorestamento na camada de 15-30 cm, porém esse resultado foi superior em função profundidades serem diferentes entre as camadas estudadas. A Tabela 1 apresenta os valores que evidenciam a redução nos teores de C com o aumento da profundidade nos três sistemas estudados.

Dados da área de referência para um estudo do estoque de C no solo e agregados de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico sob sistemas de manejo adotados em

experimento de longa duração na Zona da Mata de Minas Gerais, demonstram que, conforme aumenta a profundidade, há redução no teor de C orgânico total, bem como do estoque de C orgânico total e aumento da densidade do solo (Hickmann e Costa, 2012).

Schwiderke (2012) relatam que ao pesquisar os atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais multiestratos sucessional e em áreas de regeneração natural, cuja vegetação nativa é a floresta ombrófila densa sub-montana, no município de Adrianópolis, Estado do Paraná, também constaram que com o aumento da profundidade, há redução do estoque de C orgânico total.

Considerando a camada de 0-30 cm de profundidade do solo estudado, os estoques de C orgânico foram maiores no SAF e no reflorestamento. Os resultados obtidos podem ser atribuídos, ao maior teor de argila desses solos no SAF e reflorestamento, favorecendo a formação de agregados estáveis, os quais dificultariam tanto a decomposição quanto a mineralização das frações orgânicas do solo (Hassink et al. 1997; Matus e Maire, 2000).

Freitas et al. (2000) ressaltam o papel da argila na estruturação do solo e em proteger a matéria orgânica do solo contra a decomposição, em sistemas que apresentam ausência de revolvimento do solo, como é o caso do solo no SAF e reflorestamento, além de apresentarem textura mais argilosa que a área da vegetação nativa. Quando grande quantidade de compostos orgânicos entra por meio do cultivo de plantas, o sistema solo tem condições de se auto-organizar em macroagregados - estruturas complexas e diversificadas, e com grande capacidade de reter a energia e matéria adicionada na forma de C (Vezzani e Mielnizuk, 2009).

Dos três sistemas avaliados, a vegetação nativa apresentou menor estoque de C no solo. De acordo com Costa et al. (2008) para uma mesma produção e deposição de biomassa vegetal no solo, o teor de matéria orgânica pode variar de solo para solo, tendo em vista a qualidade do material aportado e a influencia de diversos fatores sobre a microbiota do solo e, conseqüentemente, sobre a taxa de decomposição. Assim, deve-se considerar além das características intrínsecas do substrato - qualidade, como alto teor de lignina e alta relação C/N (Coleman et al. 1989) as características externas,

temperatura, regime de umidade, aeração (aerobiose), teores de nutrientes no solo (Resende et al. 2007), que favorecem a ação dos microrganismos, e assim a decomposição de matéria orgânica é acelerada.

Marques et al. (2012), ao verificar a relação entre COS e atributos físicos do solo na Amazônia Central, encontraram que as concentrações de COS seguiram a ordem decrescente no SAF, sucessão secundária, floresta e pastagem, e correlacionou-se direta e positivamente com os agregados no período seco e chuvoso/seco, assim como os maiores teores de COS foram obtidos nas camadas superficiais em todos os ambientes estudados, diferenciando-se significativamente das outras profundidades.

Deve-se considerar que a dinâmica do C orgânico, conjuntamente com os nutrientes minerais, é influenciada por fatores como clima, tipo de solo, cobertura vegetal e práticas de manejo (Mafrá et al. 2008). Os autores afirmam que o estoque de C no solo está diretamente relacionado com a intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e de decomposição dos compostos orgânicos.

A capacidade de dreno e permanência do C no solo está relacionada ao teor e mineralogia da argila, estabilidade estrutural, posição na paisagem, regimes de umidade e temperatura, e a habilidade de formar e manter microagregados estáveis (Lal, 2004). A associação argila-húmus torna a matéria orgânica mais resistente à decomposição microbiana (Mello et al. 1983), o que pode contribuir para o estoque de C maior no solo sob SAF e na área de reflorestamento.

5 Conclusões

A densidade no solo é inversamente proporcional ao teor de C no solo nos três sistemas estudados.

Os teores de C orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na superfície.

O maior estoque de C no solo ocorreu no sistema agroflorestal e o menor estoque de C no solo foi constatado sob a vegetação nativa.

Os valores de estimados para o estoque de C foram semelhantes no sistema agroflorestal e no reflorestamento, nos três perfis estudados, sendo que estes sistemas apresentam elevado potencial para sequestrar e estocar C e podem ser utilizados para restauração de áreas degradadas, contribuindo para a redução do aquecimento global, entre outros serviços ambientais prestados por esses sistemas.

6 Referências

BENAVIDES, C.M.; GONZÁLEZ, I.C.C.; HURTADO, H.; SOTO, E.V. (2009) Cuantificación de Carbono en la biomasa aérea de café (*Coffea arabica* L.) con sombra, en la comarca palo de sombrero, Jinotega, Nicaragua. La calera, Managua, 12, n.6.

COGO, F.D.; NANNETTI, D.C.; CARMO, D.L.; LACERDA, T.M.; NANNETTI, A.N. (2012) Carbono orgânico de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros em sistemas de manejo agroflorestal e convencional. Revista Agrogeoambiental, 4: 1-9.

COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (1989) Dynamics of organic matter in tropical ecosystems. Niftal Project, University Hawai Press.

COSTA, F.S., ZANATTA, J.A.; BAYER, C. (2008) Emissões de gases de Efeito Estufa em Agroecossistemas e Potencial Mitigação. In: Fundamentos da Matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Santos GA.; Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO. 2. Ed. Porto Alegre.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.; NACIF, P.G.S.; FARIA J. C. (2009) Estoque de Carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1137-1145.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997) Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: CNPS 212 pp.

FERREIRA, A.O.; SÁ, J.C.M, HARMS, M.G.; MIARA, S.; BRIEDIS, C.; NETTO, C.Q. SANTOS, J.B., CANALLI, L.B.S, DIAS, CTS (2012) Relação de estratificação como indicador do sequestro de Carbono em macroagregados de Latossolo sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42: 645-652.

GATTO A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E.M.A. (2010) Estoques de Carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1069-1079.

HASSINK, J.; WHITMORE, A.P.; KUBÁT, J. (1997) Size and density fractionation of soil organic matter and the physical capacity of soils to protect organic matter. *Revista Europeia de Agronomia*, 7:189-199.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M. (2012) Estoque de Carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 16:1055–1061.

JESUS, L.C. (2004) Erva mate: o outro lado, a presença de produtores independentes no Antigo Sul de Mato Grosso. *Dissertação (mestrado em História)*. UFMS, Dourados.

LAL, R. (2004) Soil C sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, washinton, 304: 1623-1626.

LOPES, R.B; MIOLA D.T.B. (2010) Sequestro de Carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. *Revista Digital FAPAM, Pará de Minas*, 2: 127-143.

MACHADO, P.L.O.A. (2005) Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Quim. Nova*, Vol. 28: 329-334.

MAFRA, A.L; GUEDES, S.F.F; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, P.J.C.; ALMEIDA, J. A.; ROSA, J.D. (2008) Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. *Revista Árvore*, 32: 217-224.

MARQUES, J.D.O; LUIZAO, D.O.; TEIXEIRA, F.J.; GERALDES, W.; FERREIRA, S.J.F. (2012) Variações do Carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia central. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36: 611-622.

MATO GROSSO DO SUL (1989) Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto de Apoio ao Planejamento do Estado. Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 242pp.

MATO GROSSO DO SUL (2010) Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia Campo Grande: Disponível em: <<http://www.semac.ms.gov.br/zeems/index.php?inside=1&tp=3&show=2259>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2012.

MATUS, F.J.; MAIRE, G.C.R. (2000) Relación entre la matéria orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de Carbono y nitrógeno. Agric. Técnica, 26: 112-126.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S., SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. (1983) Fertilidade do solo. São Paulo, Nobel, 400pp.

MION, RL, PEREIRA, V.P.; SOMBRA, W.A.; ANDRADE, R.R.; CORDEIRO, I.M. NUNES, K.G. (2013) Preconsolidation of Ultisol subjected to the traffic of agricultural tractors. Revista de Ciências Agrárias, 56: 69-72.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS: 1961-1990 (1992) Brasília, DF, 84pp.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R.P.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A.M.; KASS, D.C.L.; SCHLÖNVOIGT, A.M. (2006) Soil C dynamics and residue

stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. *Agroforestry Systems* 68:27-36.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F. Brandani, C.B. (2009) Estoques de Carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 1125-1136.

RANGEL, O.J.P; SILVA, CA (2007) Estoque de Carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 1609-1623.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. (2007) *Pedologia: Base para distinção de ambientes*. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 322pp.

SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIN, A.T. (1999) Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 91-99.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A. OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306pp.

SCHOLES, M.; POWLSON, D.; TIAN, G.; GEODERMA 1997, IN: PEDRO L. O. DE A. MACHADO (2005) Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Quim. Nova*, Vol. 28: 329-334.

SCHWIDERKE, D.K.; CEZAR, R.M.; VEZZANI, F.M.; FROUFE, L.C.M.; SEONE, C.E.S. (2012) Atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais multiestrata sucessional e em áreas de regeneração natural. *Informação Científica da Embrapa*, disponível em:

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/934794/1/LuisFCFPAttributosQuimicos1.pdf>. Acesso em: 19 de Fevereiro de 2012.

SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ROSA, J.D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (2006). Propriedades físicas e teor de Carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 329-337.

SOTO-PINTO, L.; ANZUETO, M.; MENDOZA, J.; FERRER, G.J.; JONG, B. (2010) Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agroforest Systms*, 78: 39-51.

SOUZA, H.A.; MARCELO, A.V.; CENTURION, J.F. (2012) Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 43: 658-663. 2012.

SZAKACS, G.G.J. (2003) Sequestro de Carbono nos solos - avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhemi - Piracicaba/SP. Dissertação - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 126pp.

VALICHESKI, R.R.; GROSCLAUSS, F.; STURMER, S.L.K.; TRAMONTIN, A.L.; BAADE, E.A.S.; (2012) Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)*, 19: 969-977.

VEZZANI, F.M.; MIELNIZUK, J. (2009) Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:743-755.

VOGELMANN, E.S.; MENTGES, M.I.; REICHERT, J.M.; ROSA, D.P.; BARROS, C.A.P.; REINERT, D.J. (2012) Compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo trafegado e escarificado. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42: 291-297.

CONCLUSÃO GERAL

Os valores de estimados para o estoque de C nos sistemas de restauração avaliados, evidenciam que sistemas agroflorestais e reflorestamentos heterogêneos são bons estocadores de carbono, tanto na biomassa vegetal quanto no solo, podendo ser utilizados para restauração de áreas degradadas, especialmente em Mato Grosso do Sul, cuja vegetação natural está bastante escassa, contribuindo assim para a redução do aquecimento global.



Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

RBCS (revista@sbc.org.br)

20/08/2013

Para: SERGILAINE DE MATOS DA SILVA

Viçosa, 20 de agosto de 2013.

Ilmo(a) Sr(a). SERGILAINE DE MATOS DA SILVA

Prezado(a) Senhor(a):

Acusamos o recebimento do trabalho intitulado: "ESTOQUE DE CARBONO NO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO E NO SOLO EM SISTEMAS DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO SUDESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL", cadastrado na Secretaria da Revista Brasileira de Ciência do Solo sob o no 506/13, que está sendo enviado aos revisores científicos. Para qualquer informação relativa ao trabalho acesse o endereço do nosso site, informando o seu CPF: <http://sbc.org.br/solos/visao/consultaArtigo.php>

ATENÇÃO:

Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados por página editorada (forma final na Revista): para sócios da SBOS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 25,00, até oito páginas, e R\$ 50,00 por página adicional; para não-sócios (primeiro autor e, ou, autor correspondente): R\$ 50,00 por página até oito páginas e R\$ 100,00 por página adicional. Esta cobrança será feita quando do envio da prova tipográfica do artigo ao(s) autor(es).

Atenciosamente,

COMISSÃO EDITORIAL – RBCS

A grande mudança de nossa RBCS para melhor passa, obrigatoriamente, pela diminuição do tempo necessário à tramitação dos trabalhos submetidos à publicação. Certamente, você é peça chave na consecução deste objetivo.