



**NICELLE MENDES OLIVEIRA**

**RETENÇÃO DE CARBONO EM LATOSSOLO  
SOB EFEITO DE RESTAURAÇÃO DE MATAS  
CILIARES**

**LAVRAS - MG**

**2014**

**NICELLE MENDES OLIVEIRA**

**RETENÇÃO DE CARBONO EM LATOSSOLO SOB EFEITO DE  
RESTAURAÇÃO DE MATAS CILIARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Soraya Alvarenga Botelho

Coorientador

Dr. Carlos Alberto Silva

**LAVRAS - MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Oliveira, Nicelle Mendes.

Retenção de carbono em latossolo sob efeito de restauração de  
matas ciliares / Nicelle Mendes Oliveira. – Lavras : UFLA, 2014.  
65 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.  
Orientador: Soraya Alvarenga Botelho.  
Bibliografia.

1. Matéria orgânica. 2. Sequestro de carbono. 3. Recuperação do  
solo. 4. Solos – manejo. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD – 634.956

**NICELLE MENDES OLIVEIRA**

**RETENÇÃO DE CARBONO EM LATOSSOLO SOB EFEITO DE  
RESTAURAÇÃO DE MATAS CILIARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 2 de junho de 2014.

Dr. Carlos Alberto Silva UFLA

Dra. Regiane Aparecida Vilas Bôas Faria UFLA

Dra. Soraya Alvarenga Botelho  
Orientadora

Dr. Carlos Alberto Silva  
Coorientador

**LAVRAS - MG**

**2014**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre guiando os meus caminhos.

Aos meus pais, Tadeu e Marilda, pelo incentivo e amor em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Elias e Suelen, por estarem sempre comigo, não importa o que aconteça.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de fazer mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e de Nível Superior (Capes), pela bolsa concedida.

À Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pela oportunidade de executar este trabalho e pelo financiamento da pesquisa.

Ao CNPq (processo 308592/2011-5), pelo financiamento parcial das atividades de pesquisa deste projeto.

A Maria Teresa, Evandro Guedes e grupo Raízen, pelo apoio ao trabalho de campo e disponibilização das áreas de estudo.

A Ricardo Ribeiro e Renato Sugihara, por todas as informações relevantes desde o início deste projeto de pesquisa.

Ao Lemos/DSC-UFLA, por facultar as determinações de C nas amostras de solo.

À Professora Dr. Soraya Alvarenga Botelho, pela orientação e ensinamentos que muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Silva, pelas sugestões, apoio, amizade e pelos pertinentes questionamentos no decorrer de todo o trabalho.

Ao técnico José Pedro, pela ajuda com as atividades de coleta de dados no campo; ao estagiário Lucas pelo auxílio na execução do processamento das

amostras em laboratório; ao Elias pela elaboração do mapa e aos amigos Iara e Eduardo por toda a ajuda na análise dos dados.

À equipe do Laboratório de Sistemas Silviculturais e Restauração Florestal, pelo convívio.

As minhas amigas de república Iara, Kedma, Angélica e Viviane, que se tornaram minha segunda família.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

## RESUMO

As matas ciliares vêm sendo ameaçadas, em razão do processo de ocupação e avanço da fronteira agrícola. Os solos sob esses ecossistemas podem armazenar carbono, ajudando a limitar o aquecimento global que resulta, entre outras causas, emissões de dióxido de carbono pelo uso inadequado do solo. Objetivou-se quantificar o teor e estoque de carbono acumulado em áreas de latossolo argiloso sob reflorestamentos de diferentes idades e sob cultivo de cana, pastagens, soja, milho e sorgo, bem como associar o carbono com atributos do solo e correlacionar os reflorestamentos com parâmetros fitossociológicos da vegetação. As amostras de solo foram coletadas em julho e agosto de 2013 nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm, em 10 áreas com histórico diferenciado: MTN: mata nativa; REF20: reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar, SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem. Os teores de C foram analisados por combustão a seco, no equipamento modelo Vario TOC Cube. Os resultados indicaram que houve diferença significativa nos teores de carbono nas diferentes coberturas vegetais, sendo os maiores valores observados na camada superficial do solo. A taxa média de estratificação variou de 1,84 para REF20 e 1,18 para REF7, evidenciando maiores teores de C em superfície do que no subsolo para a mata e áreas reflorestadas a mais de 16 anos. Quanto ao estoque de carbono, a área reflorestada a 16 anos é a que mais armazena C ( $158 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); a área com culturas anuais armazena cerca da metade do C estocado no reflorestamento de 16 anos, considerando-se a camada de 0-40 cm. Para os atributos do solo avaliados, os resultados indicaram que houve uma diferença significativa na densidade do solo nas diferentes áreas, e a densidade correlaciona-se com o teor de C até a profundidade de 10 cm de solo. Não houve relação entre os estoques de carbono com o índice de fertilidade médio dos solos e com o tempo de implantação dos reflorestamentos, no entanto foram verificadas associação direta entre o estoque de C com riqueza de espécies e o índice de diversidade de plantas nas áreas reflorestadas. Considerando-se o fator de retenção de C (FRC) igual a 1 para a mata nativa, notadamente o cultivo de soja, milho, sorgo e pastagens reduz o armazenamento de C no solo, que, nessas áreas, foi cerca de metade do medido para área de mata.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Sequestro de carbono do solo. Fator de retenção de C. Recuperação de áreas degradadas. Manejo e uso da terra.

## ABSTRACT

Riparian Forest have been threatened due to the occupation process and the advance of the agricultural frontier. The soils under these ecosystems can store carbon, aiding in limiting global warming, which results, among other things, in emissions of carbon dioxide by the inadequate use of the soil. We aimed at quantifying the content and stock of carbon accumulated in areas with clayey Latosol under different ages of reforestations and under sugarcane, pasture, soybean, maize and sorghum cultivations, in addition to associating carbon with soil attributes and correlating the reforestations with the vegetation's phytosociological parameters. The soil samples were collected in July and August of 2013 from the layers of 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm, in 10 areas with different history: MTN: native wood; REF20: 20-year reforestation; REF19: 19-year reforestation; REF 16: 16-year reforestation; REF13: 13-year reforestation; REF12: 12-year reforestation; REF7: 7-year reforestation; CAN: conventional sugarcane cultivation; SMS: soybean-maize-sorghum tillage; PAS: pasture. The contents of C were analyzed by dry combustion on the model Vario TOC Cube equipment. The results indicated that there was significant difference on the contents of carbon on the different vegetative topping, with the highest values being observed on the soil's surface layer. The mean stratification rate ranged from 1.84 for REF20 and 1.18 for REF7, showing higher C rates on the surface than on the subsoil for the wood and reforested areas of over 16 years. Regarding the carbon stock, the area reforested over 16 year is that which most stores C ( $158 \text{ mg ha}^{-1}$ ); the area with annual cultures stores around half of the C stored on the 16-year reforestation, considering the 0-40 cm layer. For the evaluated soil attributes, the results indicate that there was a significant difference in the soil density of the different areas, and the density is correlated with the content of C up to the soil depth of 10 cm. There was no relation between the carbon stocks and the average fertility index of the soils and the time of reforestation implantation, however, the direct association between the C stock with species richness and the plant diversity index in the reforested areas was verified. Considering the C retention factor (CRF) equal to 1 for the native wood, the soybean, maize, sorghum and pasture cultivations markedly reduced C storage in the soil, which, in these areas, was around half of that measured in the wood area.

Keywords: Organic matter. Soil carbon sequestration. C retention factor. Degraded area recovery. Land use and management.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização dos reflorestamentos ciliares, mata nativa e áreas agrícolas avaliados .....	19
Figura 2	Vista geral das áreas avaliadas .....	20
Figura 3	Esquema da localização dos pontos amostrais (●) e das mini-trincheiras (■) utilizadas para cada área de estudo .....	22
Figura 4	Coleta de material no campo: A) Retirada da camada 0-5 cm utilizando uma pá; B) Retirada de solo com trado holandês; C) Abertura da trincheira e coleta de amostras indeformadas de solo; D) Coletor de Kopeck.....	23
Figura 5	Preparo das amostras em laboratório: A) Solo sendo macerado em almofariz e pistilo; B) Solo sendo peneirado em peneira de 2 mm de diâmetro; C) Material acondicionado em potes plásticos para posterior análise; D) Amostra em cápsula de estanho sendo injetado ao analisador de carbono .....	24
Figura 6	Teor de carbono em diferentes camadas de solo sob diferentes coberturas vegetais. As barras horizontais representam diferenças mínimas significativas (DMS) calculadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	32
Figura 7	Representação em boxplot da razão de estratificação em função das diferentes coberturas vegetais .....	36

Figura 8	Estoque de carbono orgânico total (COT) das camadas (A) camada de 0-5 (B) camada de 5-10 (C) camada de 10-20 (D) camada de 20-40 e (E) camada de 0-40, em função das diferentes coberturas vegetais. Valores seguidos da mesma letra nas diferentes áreas dentro de cada profundidade não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância.....	38
Figura 9	Fator retenção nas diferentes áreas avaliadas.....	44
Figura 10	Relação entre os teores de C com a densidade do solo, considerando-se os dados relativos às camadas de 0-5 e 5-10 cm de áreas reflorestadas e de culturas agrícolas. r: análise de correlação de Pearson; p: p-valor ou significância a 5% de probabilidade pelo teste t-Student; ns***: não significativo.....	47
Figura 11	Equação de regressão do índice de fertilidade do solo com o estoque de carbono orgânico da camada de 0-40 cm. r: análise de correlação de Pearson; ns***: não siginificativo .....	48
Figura 12	Relação entre estoque de cabono (0-40cm) e riqueza de espécies (A); diversidade de Shannon-Wiener (H') (B); densidade de espécies (C) e área basal (D) em reflorestamentos de diferentes idades. r: análise de correlação de Pearson; p: p-valor ou significância a 5% de probabilidade pelo teste t-Student; ns***: não significativo .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização geral dos reflorestamentos avaliados .....	18
Tabela 2	Característica química e granulometria de um latossolo vermelho sob diferentes coberturas vegetais, para diferentes camadas do solo .....	28
Tabela 3	Modelo matemático do tipo exponencial para estimativa dos teores de carbono em função de profundidade média das camadas de solo avaliadas para as áreas sob efeito de matas e culturas .....	33
Tabela 4	Valores médios de densidade do solo em $\text{g cm}^{-3}$ para as áreas avaliadas, nas diferentes profundidades de solo .....	45

## ANEXO

Tabela 1	Espécies arbóreas encontradas nos plantios de recomposição de mata ciliar do reservatório de Volta Grande.....	62
----------	--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	16
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>3.1</b>	<b>Localização e caracterização das áreas estudadas</b> .....	17
<b>3.2</b>	<b>Coleta e preparo das amostras</b> .....	21
<b>3.3</b>	<b>Análise física e química dos solos</b> .....	26
<b>3.4</b>	<b>Análise estatística</b> .....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>4.1</b>	<b>Teor de carbono</b> .....	32
<b>4.2</b>	<b>Estoque de carbono</b> .....	37
<b>4.3</b>	<b>Densidade e caracterização química do solo</b> .....	44
<b>4.4</b>	<b>Idade e Parâmetros fitossociológicos</b> .....	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	52
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53
	<b>ANEXO</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem crescido a preocupação com as mudanças climáticas decorrentes, principalmente, do aumento da emissão dos gases causadores do efeito estufa, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2007).

Esses gases apontados como causadores do aquecimento global sofreram aumento significativo em consequência da ação antrópica, tais como desmatamentos, queima da biomassa vegetal e a mudança do uso da terra, resultando, assim, na redução da matéria orgânica do solo (CARVALHO et al., 2010). Por outro lado, a adoção de práticas adequadas de manejo pode atenuar esses efeitos negativos, aumentando o aporte de matéria orgânica no solo e/ou diminuindo as taxas de sua decomposição (CERRI et al., 2007).

Um ambiente, por exemplo, que vem sofrendo esse tipo de mudança, por estarem localizadas, na maioria das vezes, em área de solos férteis em equilíbrio com elevada ciclagem de nutrientes e uso eficiente da água, são as matas ciliares (CARVALHO et al., 2005). Na bacia do Rio Grande, por exemplo, as matas ciliares sofreram severas pressões para o desmatamento, cedendo espaço para a expansão da fronteira agrícola e construções de inúmeros reservatórios hidrelétricos, desde a década de 50 (VILELA; OLIVEIRA-FILHO; CARVALHO, 1999).

Frente a essa crescente degradação, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em convênio com os proprietários rurais, contribuíram para o processo de recuperação de matas ciliares que margeiam o Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Volta Grande (região do Baixo Rio Grande), entre os estados de Minas Gerais e São Paulo. Dessa forma, além dos serviços ambientais reconhecidos dessas matas, como a conservação do solo e da água,

há ainda o benefício da fixação de carbono do solo, promovendo, assim, a mitigação das mudanças climáticas pela retirada de gases da atmosfera, em especial o CO<sub>2</sub> (MELO; DURIGAN, 2006; RHEINHARDT et al., 2012).

Para melhor entender a fixação de carbono na atmosfera, nos últimos anos, tem havido um crescente interesse na quantificação da biomassa dos ecossistemas florestais e do carbono estocado no solo (SIERRA et al., 2007). As florestas apresentam elevados estoques de carbono orgânico no solo e na vegetação, os quais variam consideravelmente, dependendo da idade do povoamento, da perturbação humana e das condições de solo e clima (GIESE et al., 2003). Os solos têm papel importante no ciclo do carbono, pois contêm, aproximadamente, três vezes mais carbono que o armazenado no ar e quatro vezes mais do que o associado aos animais e vegetação (LAL, 2004). Entretanto, o uso inadequado desse solo pode resultar na rápida perda de carbono orgânico. Se o ambiente de mata é mais propício à retenção de C no solo, isso, invariavelmente não ocorre nas lavouras, principalmente nas degradadas e com operações frequentes de revolvimento de solo, daí esses sistemas não atingirem plenamente o fator retenção de C preconizado por Alvarez e Lavado (1998) para a matriz solo. Existem, contudo, diferenças quanto aos estoques de C nos solos cultivados, e isso se explica pelas diferenças entre sistemas de manejo do solo e de produção de biomassa dos sistemas de cultivo que, em última análise, regulam de modo diferenciado as entradas e saídas de C do sistema solo-planta.

Enquanto que a perda do estoque de carbono durante o desmatamento ou o subsequente uso das terras é documentada, existem poucas informações sobre a taxa de acumulação de MOS nos solos sob reflorestamentos no Brasil, além de como elas se comparam com outros sistemas de uso da terra. Menos ainda se sabe sobre o papel das matas em reter o C do solo, com o aumento da idade da floresta. Alguns autores relatam que há uma relação proporcional entre a idade e o estoque de carbono (BROW; LUGO, 1990; FONSECA; BENAYAS; ALICE,

2011; RHOADES; ECKERT; COLEMAN, 2000). Em contraste, em alguns trabalhos, há relato de ausência de correlação entres estas duas variáveis (GAMBOA et al., 2008; OSTERTAG et al., 2008; SCHEDLBAUER; KAVANAGH, 2008).

O conhecimento do ciclo, do teor e estoque de carbono em função das condições de uso e manejo das terras, ou pelo desenvolvimento de reflorestamentos, ou do armazenamento em matas nativas existentes, possivelmente, permite um manejo sustentável das paisagens e culturas produtoras de grãos e energia, assim como a prevenção da degradação do ecossistema florestal.

Uma forma de se avaliar o funcionamento dos ecossistemas é por meio da razão de estratificação (RE) entre os teores de carbono, que é expressa como uma razão dos teores de C na camada superficial em relação ao C do subsolo. A avaliação da razão é baseada nas alterações que ocorrem, mais intensamente, em função do manejo adotado, na camada superficial, em relação às de sub-superfície, e pelo fato que essa interface desempenha importante papel na produtividade dos ecossistemas e na qualidade ambiental, como o controle da erosão, infiltração de água e conservação de nutrientes (FRANZLUERBBERS, 2002).

Diante desses fatos, justifica-se a realização deste estudo, para que se possa conhecer o estoque do carbono em plantios de diferentes idades, fornecendo subsídios para a implantação de programas de recuperação de áreas degradadas. Além disso, o presente estudo vem contribuir para um melhor entendimento de estoque do carbono orgânico em matas ciliares, que são escassos na comunidade científica. Considerando que as pesquisas enfocam em sua maioria o estoque de carbono na biomassa aérea, estudos visando a conhecer o estoque de carbono no solo em maiores profundidades são fundamentais para

projetos de caráter conservacionista, favorecendo, assim, os serviços ambientais associados a essas matas.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Comparar o teor e estoque de carbono orgânico no solo em áreas de processo de restauração com espécies florestais de diferentes idades e em lavouras cultivadas com cana, soja, milho, sorgo e pastagens, todas localizadas no entorno da Bacia do Rio Grande, nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar se os teores de C na camada superficial são maiores do que os de subsolo, para as diferentes áreas analisadas.
- b) Avaliar se o ambiente de mata é mais propício à retenção de C no solo, em relação às diferentes áreas analisadas.
- c) Avaliar se existe relação entre o estoque e teor de carbono com atributos do solo.
- d) Avaliar se existe relação entre o estoque de carbono do solo com parâmetros fitossociológicos da vegetação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização das áreas estudadas

Este estudo faz parte de um projeto realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em convênio com a UFLA, em áreas de proprietários rurais que contribuíram para a recuperação de matas ciliares no entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Volta Grande (região do Baixo Rio Grande) entre os estados de Minas Gerais e São Paulo.

De acordo com a descrição dada por Reis (2008), com base no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, o clima da região de estudo é classificado como Cwa de Köppen, com temperatura média anual entre 22° C e 24° C, uma estação seca média de seis meses e precipitação média anual de 1.500 mm. A vegetação original da região é de Floresta Estacional Semidecidual Submontana nas partes mais altas e Floresta Estacional Semidecidual Aluvial nas partes baixas, segundo Veloso (1991 citado por VILELA; OLIVEIRA-FILHO; CARVALHO, 1991). O solo predominante da região é o Latossolo Vermelho (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

As áreas selecionadas localizam-se nos municípios de Igarapava (20° 2' 69" S e 47° 44' 52" W), Miguelópolis (20° 10' 39" S e 48° 2' 45" W), Conceição das Alagoas (19° 54' 51" S e 48° 23' 11" W), Água Comprida (21° 54' 0" S e 45° 40' 0" W) e Uberaba (19° 45' 1" S e 47° 55' 57" W). Seis reflorestamentos ciliares foram selecionados com idades de implantação que variaram de 7 a 20 anos. As áreas foram selecionadas com base na classe textural do solo (argilosa ou muito argilosa) e idade dos processo de recuperação das áreas, utilizando como base os estudos realizados por Ferreira (2009) e Reis (2008). As principais características dos reflorestamentos avaliados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização geral dos reflorestamentos avaliados

Área	Idade	Localização	Área (ha)	Espaçamento (m) entre árvores	Uso prévio
REF20	20	Água Comprida/MG	2,40	3x2	Culturas anuais
REF19	19	Igarapava/SP	9,15	3x2	Culturas anuais
REF16	16	Igarapava/SP	6,50	3x2	Cana-de-açúcar
REF13	13	Igarapava/SP	2,50	3x3	Cana-de-açúcar
REF12	12	C.Alagoas/MG	0,56	3x3	Pastagem e soja
REF7	7	Igarapava/SP	4,19	3x3	Cana-de-açúcar

Fonte: Adaptado de Ferreira (2009) e Reis (2008).

Nota: REF20: reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos.

Os solos utilizados para a implantação dos reflorestamentos foram gradeados e sulcados, com exceção das áreas REF20 e REF12, onde, também, foi realizada a aração. Na adubação de todas as áreas reflorestadas, foi utilizado o formulado NPK (04-14-08), sendo aplicados 200 gramas por cova.

A título de comparação, foram amostradas como referência uma área de mata nativa e três áreas agrícolas, com o intuito de avaliar o efeito do uso do solo sobre o estoque de C armazenado nos solos de lavouras. Desse modo, a escolha das áreas foi baseada no histórico de uso e manejo descritos pelos proprietários das terras, a saber: (1) Mata Nativa (MTN), área sob Floresta Estacional Semidecidual em bom estado de conservação; (2) pastagem (PAS) área composta por *Brachiaria ruziziensis*, sendo utilizada há cerca de dez anos sem manejo, como pasto para bovinos em sistema de rodízio e conduzidas apenas com o uso de calagem. Nessa área, ocorre a entrada de animais com taxa de lotação, em média, de 2,5 UA/ha; (3) cana-de-açúcar (CAN), área cultivada há mais de 50 anos com a cultura de cana-de-açúcar, utilizando o sistema convencional de preparo do solo com gradagem pesada, subsolagem, gradagem leve e sistematização. A adubação de plantio consiste no uso de nitrato de

amônio, na dose de 250 Kg/ha + vinhaça. A calagem é feita quando há necessidade, com o cálculo baseando-se nos dados de análise de solo; (4) rotação de culturas (SMS), área sob sistema plantio direto com solo revolvido em sulcos somente na linha de plantio, com adoção de sistema de rotação de soja-milho-sorgo, a cerca de 8 anos; na adubação, são utilizados 500 Kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 4-20-20. A produtividade dos grãos de soja é de 2500 kg/ha e de milho de 5000 kg/ha. Anteriormente, na área se praticava agricultura com plantio de outras culturas, como café e cana, por, aproximadamente, 70 anos, preparada em sistema de cultivo convencional, com aração, gradagem e frequente revolvimento do solo. O mapa representativo das áreas estudadas e o aspecto visual das áreas estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

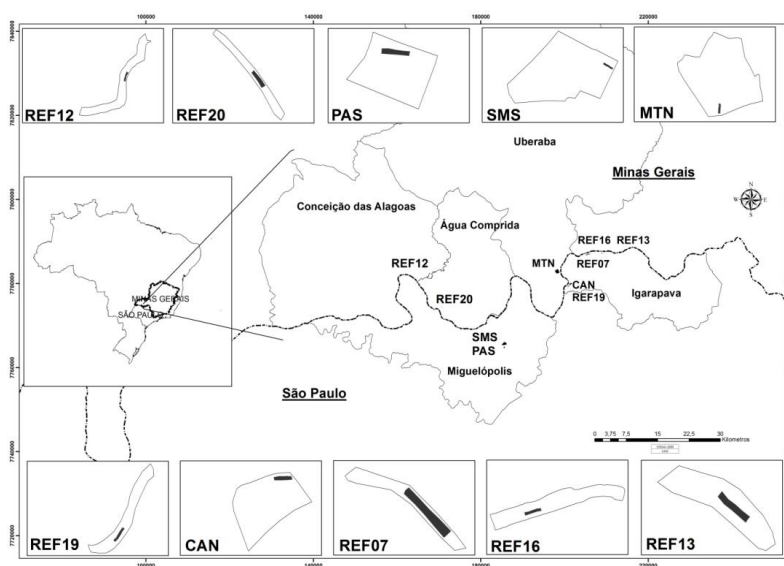


Figura 1 Localização dos reflorestamentos ciliares, mata nativa e áreas agrícolas avaliados

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

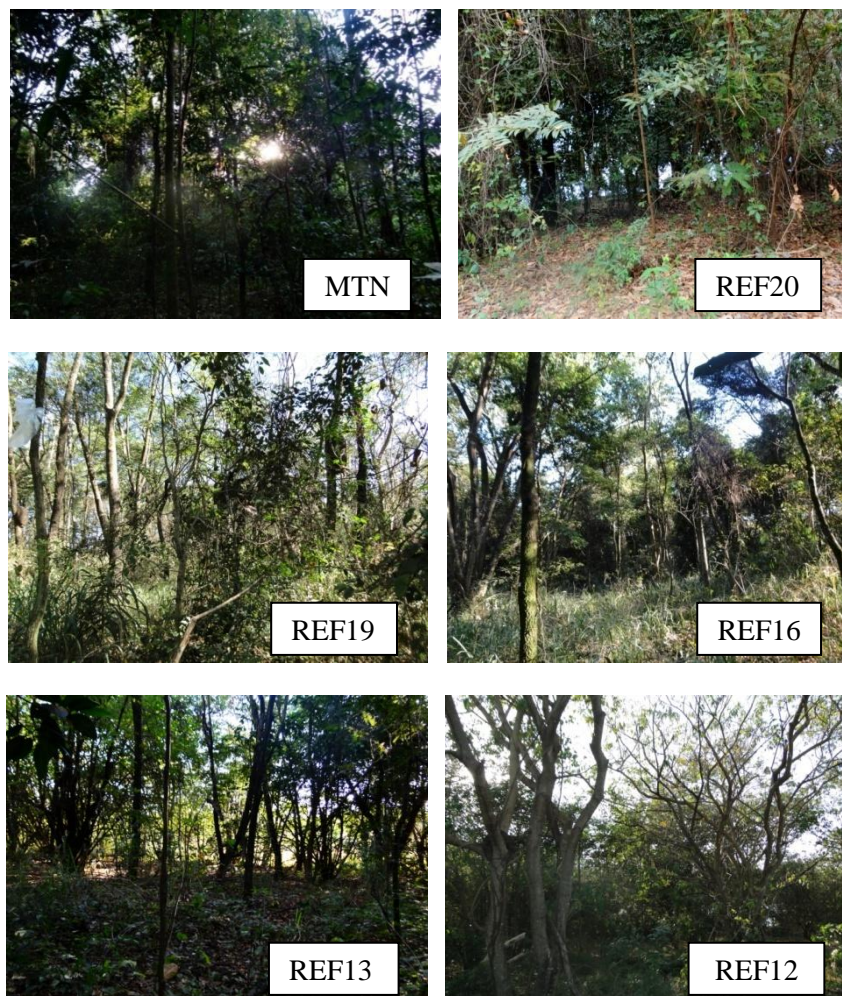
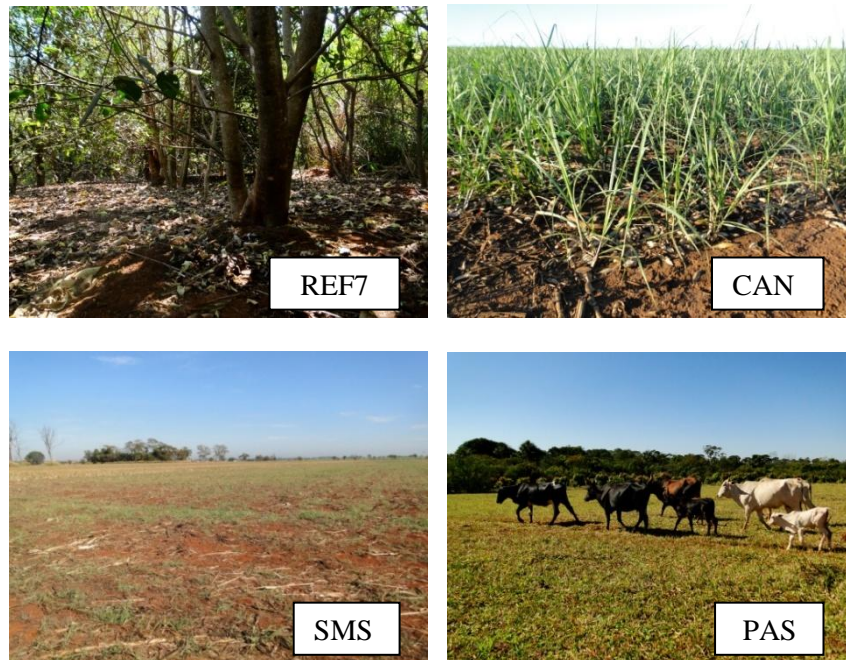


Figura 2 Vista geral das áreas avaliadas

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

(...continua...)

“Figura 2, conclusão”



Mais detalhes sobre as áreas e caracterização dos reflorestamentos encontram-se em Ferreira (2009) e Reis (2008). Além disso, os dados do inventário, realizados por esses autores, foram utilizados para relacionar atributos do solo com os da vegetação. Com esse propósito, os parâmetros fitossociológicos utilizados foram densidade, área basal, riqueza de espécies e Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) que é um índice utilizado para expressar a diversidade florística dos reflorestamentos (KREBS, 1989).

### 3.2 Coleta e preparo das amostras

A coleta das amostras foi realizada em julho e agosto de 2013. Os solos foram coletados em transectos de 5 pontos que distanciavam-se um do outro em 30 m, e em 10 m de comprimento, escolhidos ao longo de uma linha ortogonal

ao transecto, totalizando, assim, 15 pontos amostrais em cada área avaliada (Figura 3); na amostragem, seguiu-se metodologia utilizada por Oliveira Júnior et al. (2008). No REF7, em razão da menor largura do reflorestamento, a linha ortogonal ao transecto teve comprimento de 7m. Em cada ponto, foram retiradas amostras de solo com o auxílio de um trado holandês, nas seguintes profundidades: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm; 20-40 cm. Nos três pontos centrais, foram demarcadas minitrincheiras de dimensões (0,3 X 0,3 X 0,4m), para a coleta de solo, visando a determinação da densidade do solo, nas mesmas profundidades descritas acima. Essas amostras foram coletadas com auxílio de anel volumétrico de Kopeck, com bordas cortantes, e com cilindro de 5 cm de altura e diâmetro, totalizando o volume de 100 cm<sup>3</sup> (Figura 4). Todo o material foi acondicionado em sacos plásticos e conduzido para o Laboratório de Silvicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

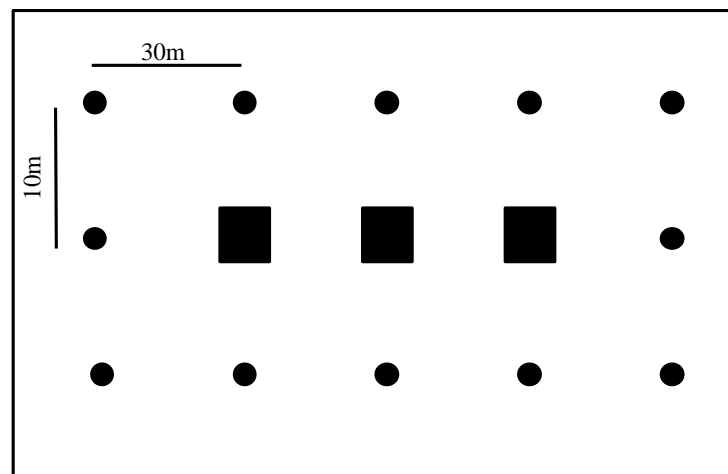


Figura 3 Esquema da localização dos pontos amostrais (●) e das minitrincheiras (■) utilizadas para cada área de estudo



Figura 4 Coleta de material no campo: A) Retirada da camada 0-5 cm utilizando uma pá; B) Retirada de solo com trado holandês; C) Abertura da trincheira e coleta de amostras indeformadas de solo; D) Coletor de Kopeck

As amostras de solo para análise do teor de carbono foram secas ao ar, em temperatura ambiente, destorroadas, trituradas com pistilo em almofariz e passadas em peneira de 2 mm de diâmetro. As amostras para a determinação da densidade do solo foram secas em estufa a 105° C por 72 horas e pesadas em balança de 0,01 g de precisão. A partir do peso seco determinado e do volume conhecido de cada amostra coletada pelo anel de Kopeck, foi determinada a densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ), para cada profundidade de coleta. O material coletado para a análise do teor de carbono do solo, após ser processado e seco a 65°C em estufa com circulação forçada de ar, foi encaminhado ao Laboratório de Estudo da Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal de Lavras, para a determinação do percentual de carbono em cada amostra.



As amostras foram submetidas à análise do teor total de carbono, segundo o método de combustão a seco, empregando-se o analisador de carbono orgânico total da marca Elementar, modelo Vario TOC Cube. De 15 a 20 mg de amostra de solo foram acondicionadas em cápsulas de estanho, que foram injetadas em forno a 950°C, visando à combustão a seco das amostras de solo. O gás CO<sub>2</sub> gerado por cada amostra é quantificado em detector de infravermelho do tipo NDIR, e o teor de C em cada amostra de solo foi determinado, relacionando o carbono gerado com o respectivo peso da amostra de solo incinerada (Figura 5).



Figura 5 Preparo das amostras em laboratório: A) Solo sendo macerado em almofariz e pistilo; B) Solo sendo peneirado em peneira de 2 mm de diâmetro; C) Material acondicionado em potes plásticos para posterior análise; D) Amostra em cápsula de estanho sendo injetado ao analisador de carbono

Após a determinação do teor de carbono no laboratório, os estoques de C do solo de cada uma das camadas, em todas as áreas estudadas, foram calculados, conforme equação descrita abaixo (VELDKAMP, 1994).

$$\text{Est C} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e)$$

Em que:

Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )

CO = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (%)

Ds = densidade do solo da profundidade ( $\text{g.cm}^3$ )

e = espessura da camada considerada (cm)

A comparação do estoque de carbono orgânico nas respectivas camadas deve ser feita em massas iguais, a fim de evitar erros em razão da variação da densidade do solo, em decorrência das diferentes práticas de manejo. Sendo assim, foram transformadas em camadas equivalentes de solo (CEq), segundo metodologia proposta por Ellert e Bettany (1995), descrita na equação abaixo. Esse método utiliza como referência, no caso deste estudo, a densidade de solo sob mata nativa, a qual representa a condição original do solo. Trabalhos semelhantes têm sido realizados com este tipo de correção (COSTA et al., 2008, 2009; SEGNINI et al., 2013).

$$\text{CEq} = (\text{DMP referência/DMP área}) \times \text{profundidade de referência}$$

Em que:

CEq = camada equivalente a nova profundidade encontrada para determinada área (cm)

DMP referência= densidade média ponderada da área de referência em relação as suas respectivas camadas de solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

DMP área= densidade média ponderada de cada área em relação as suas respectivas camadas de solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

Profundidade de referência: profundidade de solo fixa para cada área de referência.

A fim de avaliar a concentração do teor de carbono nas camadas superficiais, onde ocorrem maiores perdas de matéria orgânica, adotou-se a proposta de Franzluebbbers (2002), em que, em cada ponto amostrado, o valor do teor de C da camada de 0-10 cm foi dividido pelo teor de C médio ponderado da camada de solo em subsuperfície (10-40 cm). Ao índice proposto por Franzluebbbers (2002), deu-se o nome de razão de estratificação, com a finalidade de se avaliar os efeitos dos sistemas de manejo e uso do solo sobre a relação C em superfície/C em subsolo, ou seja, maiores valores dessa razão de estratificação representam maior aporte e armazenamento de matéria orgânica na camada superficial, em relação ao C de camadas mais profundas de solo.

Com o intuito de avaliar se o ambiente de mata é mais propício à retenção de C no solo, foi determinado o fator retenção de C, de acordo com Alvarez e Lavado (1998). Para o cálculo, considerou-se o valor 1 para a mata nativa, por ser o sítio mais propício à retenção de C no solo. Dessa forma, para todas as áreas avaliadas, dividiu-se o valor do estoque de carbono total (0-40 cm) pelo estoque total da mata nativa.

### **3.3 Análise física e química dos solos**

Para análise física e química dos solos, foi feita uma amostra composta preparada por uma mistura de todos os pontos de amostragem, resultando em

uma amostra por profundidade e de cada área de estudo. Após o preparo das amostras em laboratório, todo o material foi encaminhado para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e as análises foram realizadas de acordo com metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Resumidamente, a textura do solo foi determinada pelo método da pipeta utilizando o NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante químico e agitação rápida. O pH foi determinado em água (H<sub>2</sub>O relação 1:2,5); Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> extraiu-se com 1,0 M de KCl (1 mol L<sup>-1</sup>) e determinada por titulação; matéria orgânica foi determinado pelo método de Walkley e Black; P e K<sup>+</sup> extraiu-se com 0,025 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0,05 M de HCl e quantificado por fotometria de chama e colorimetria; Zn, Cu, Fe e Mn foram extraídos pela solução Mehlich-1 (HCL 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25 mol L<sup>-1</sup>). Na Tabela 2, são apresentadas as características químicas e a análise granulométrica dos solos avaliados. As marchas analíticas utilizadas são as descritas em Silva (2009).

Tabela 2 Característica química e granulometria de um latossolo vermelho sob diferentes coberturas vegetais, para diferentes camadas do solo

Prof. cm	pH	K mg/dm <sup>3</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	Ca cmol/dm <sup>3</sup>	Mg cmol/dm <sup>3</sup>	Al cmol/dm <sup>3</sup>	T	V %	m	M.O. Dag/k	Zn	Fe	Mn md/dm <sup>3</sup>	Cu	B	A	S Dag/kg	Ar.	CT
<b>MTN</b>																			
0-5	6,0	96	4,5	9,2	3,0	0,	16,	77,	0,0	8,7	1,6	11,	66,9	1,0	0,3	5	32	15	A
5-10	5,8	70	3,2	4,4	1,8	0,	12,	53,	0,0	5,8	1,2	13,	44,6	1,7	0,3	5	31	15	A
10-20	5,9	42	2,0	3,6	1,1	0,	8,9	54,	0,0	4,6	0,9	18,	37,3	2,7	0,4	6	21	16	MA
20-40	5,7	44	1,7	4,0	1,2	0,	9,8	54,	0,0	4,6	-	-	-	-	-	5	15	27	A
<b>REF20</b>																			
0-5	6,0	80	4,2	10,	3,0	0,	17,	77,	0,0	7,3	2,5	19,	165,	4,5	0,3	5	28	20	A
5-10	5,8	66	2,3	7,4	1,7	0,	13,	67,	0,0	4,9	2,0	30,	110,	8,2	0,2	5	25	20	A
10-20	5,8	48	1,4	4,0	1,0	0,	11,	44,	1,9	4,0	1,8	36,	91,6	10,	0,3	5	26	17	A
20-40	5,7	34	0,8	3,9	0,8	0,	9,8	48,	2,0	2,9	-	-	-	-	-	5	26	15	A
<b>REF19</b>																			
0-5	6,1	11	5,1	12,	1,8	0,	17,	81,	0,0	5,6	1,7	10,	107,	3,3	0,3	4	25	28	A
5-10	6,0	88	4,2	5,7	1,2	0,	11,	63,	0,0	3,7	1,2	16,	95,5	5,4	0,3	4	18	36	A
10-20	5,7	54	1,7	4,6	1,0	0,	10,	55,	1,7	3,0	0,9	21,	87,5	6,9	0,2	4	18	35	A
20-40	5,7	46	1,7	4,3	0,9	0,	9,4	56,	1,9	2,9	-	-	-	-	-	4	17	34	A
<b>REF16</b>																			
0-5	6,3	21	10,	14,	3,0	0,	20,	87,	0,0	6,2	2,4	9,9	118,	18,	0,2	4	36	18	A
5-10	6,1	19	4,5	9,4	2,1	0,	17,	70,	0,0	5,6	1,7	10,	86,1	21,	0,3	5	31	17	A
10-20	5,7	14	2,9	5,3	1,6	0,	14,	50,	1,4	4,5	1,1	14,	79,8	16,	0,3	5	27	16	A
20-40	5,7	13	2,9	6,4	1,5	0,	14,	56,	1,2	4,3	-	-	-	-	-	6	16	24	A
<b>REF13</b>																			
0-5	6,3	12	5,5	9,5	2,0	0,	14,	80,	0,0	5,4	2,8	17,	111,	6,1	0,3	4	23	29	A
5-10	6,0	11	26,	5,1	1,6	0,	11,	60,	0,0	3,7	2,4	22,	73,0	8,9	0,3	5	21	28	A
10-20	5,7	80	4,2	4,3	1,3	0,	10,	56,	1,7	3,1	1,9	25,	78,8	9,6	0,3	5	18	26	A
20-40	5,8	66	5,1	4,4	1,3	0,	10,	56,	1,7	3,3	-	-	-	-	-	5	25	17	A

“Tabela 2, continuação”

Prof.	pH	K	P	Ca	Mg	Al	T	V	m	M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	B	A	S	Ar.	CT
cm		mg/dm <sup>3</sup>			cmol/dm <sup>3</sup>			%		Dag/k			md/dm <sup>3</sup>			Dag/kg			
<b>REF12</b>																			
0-5	6,1	80	9,5	5,4	3,0	0,	12,	70,	0,0	5,3	1,2	20,	55,6	8,7	0,3	5	22	25	A
5-10	6,0	64	8,7	3,9	2,0	0,	10,	57,	0,0	4,3	1,0	26,	67,5	5,8	0,3	5	16	25	A
10-20	6,0	46	6,5	3,0	1,7	0,	9,9	48,	2,0	3,4	0,9	30,	56,5	11,	0,4	5	18	25	A
20-40	5,8	36	5,5	2,9	1,5	0,	9,5	47,	2,2	3,6	-	-	-	-	-	5	25	16	A
<b>REF7</b>																			
0-5	6,3	19	17,	10,	2,2	0,	16,	82,	0,0	4,3	1,9	17,	54,7	3,9	0,4	5	28	18	A
5-10	6,2	19	15,	7,5	1,9	0,	13,	73,	0,0	4,3	1,7	25,	41,0	4,7	0,3	6	20	20	A
10-20	6,3	17	10,	5,8	1,7	0,	12,	66,	1,2	3,3	1,4	33,	118,	5,8	0,4	6	17	19	MA
20-40	5,7	34	0,8	3,9	0,8	0,	11,	69,	0,0	3,1	-	-	-	-	-	5	24	18	A
<b>CAN</b>																			
0-5	5,8	38	18,	6,0	2,1	0,	12,	75,	0,0	4,5	1,3	25,	77,0	4,2	0,2	5	20	26	A
5-10	5,9	23	20,	5,2	1,8	0,	10,	70,	1,3	3,3	1,0	24,	45,3	4,4	0,2	5	19	27	A
10-20	5,6	15	18,	3,3	1,0	0,	8,7	53,	0,0	3,1	0,5	33,	36,0	5,5	0,4	6	4	27	MA
20-40	5,6	13	9,5	3,0	0,9	0,	8,3	51,	2,3	2,6	-	-	-	-	-	5	17	25	A
<b>SMS</b>																			
0-5	5,9	10	20,	4,4	1,8	0,	9,7	66,	0,0	4,3	3,0	33,	63,5	5,1	0,3	5	27	18	A
5-10	5,8	48	19,	3,1	0,9	0,	8,2	50,	2,4	3,0	2,6	37,	43,8	5,6	0,3	6	21	17	MA
10-20	5,7	16	4,2	1,8	0,5	0,	6,0	39,	0,0	2,1	0,4	49,	16,6	6,4	0,3	6	15	18	MA
20-40	5,8	22	6,9	1,9	0,5	0,	6,1	40,	3,9	2,5	-	-	-	-	-	6	16	17	MA

“Tabela 2, conclusão”

Prof. cm	pH	K mg/dm <sup>3</sup>	P	Ca	Mg cmol/dm <sup>3</sup>	Al	T	V %	m	M.O. Dag/k	Zn	Fe	Mn md/dm <sup>3</sup>	Cu	B	A Dag/kg	S	Ar.	CT
<b>PAS</b>																			
0-5	5,6	10	5,8	2,8	2,1	0,	8,9	58,	0,0	3,7	2,5	37,	56,3	10,	0,2	6	18	17	MA
5-10	6,0	58	2,0	2,3	1,0	0,	7,5	46,	2,8	3,3	0,9	39,	34,2	11,	0,3	6	20	16	MA
10-20	5,8	32	0,8	1,7	0,6	0,	6,4	37,	0,0	2,5	0,4	46,	30,0	13,	0,3	6	16	16	MA
20-40	5,7	26	0,8	1,4	0,5	0,	6,0	32,	4,8	2,6	-	-	-	-	-	6	16	15	MA

Nota: MTN: Mata nativa; REF20: reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio de direto de soja-milho-sorgo; PAS: pastagem; Prof: Profundidade do solo; Arg: argila; S: silte; AR: Areia; CT: Classe Textural; A: Argiloso; MA: Muito argiloso.

A fim de avaliar os atributos de fertilidade, conjuntamente, foi calculado o índice de fertilidade do solo (IFS), seguindo-se o protocolo descrito em Carmo (2014), nos quais os valores absolutos dos atributos de fertilidade do solo, obtidos para cada análise de solo, foram divididos pelo seu respectivo nível crítico, cujos módulos foram os descritos em Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999). O valor máximo do índice para cada atributo estipulado foi de 1, que é o estipulado para o solo sem nenhuma limitação nutricional para o atributo em particular. Após a divisão, foi realizado um somatório dos índices de fertilidade de todos os atributos obtidos em cada área e em cada profundidade individualmente e realizada uma média ponderada.

### **3.4 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise descritiva para verificar possíveis dados discrepantes e a normalidade do conjunto de resultados pelo teste de Shapiro- Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). As comparações das médias foram feitas pelo teste de Scott-knott, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2000). No estudo de correlação, foram realizadas análises de regressão linear, obtendo-se a equação matemática, o coeficiente de ajuste e o coeficiente de determinação da correlação de Pearson, ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste t-Student.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teor de carbono

A distribuição dos teores de carbono encontradas nas diferentes camadas do solo segue representada na Figura 6, onde padrões de distribuição diferenciados no perfil do solo foram observados. O modelo matemático exponencial do teor médio de C para todas as áreas avaliadas são apresentados na Tabela 4, os quais apresentaram alto  $R^2$ , indicando um bom ajuste aos dados obtidos.

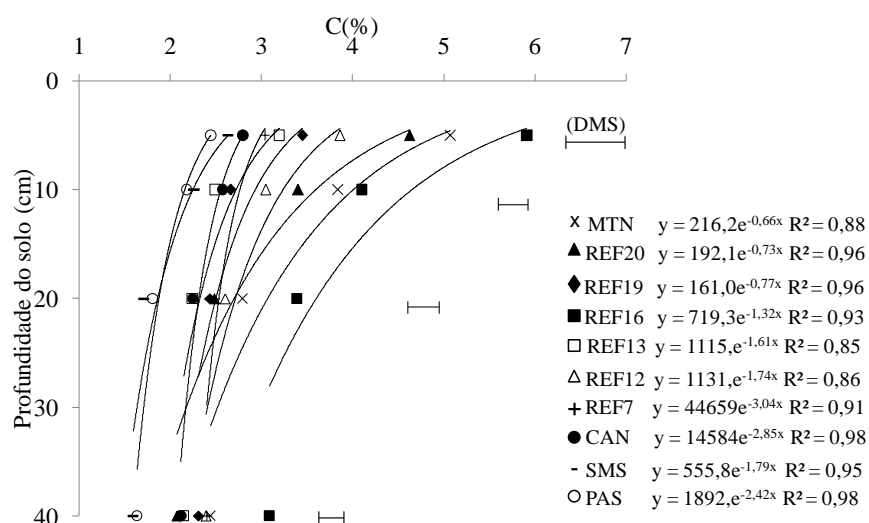


Figura 6 Teor de carbono em diferentes camadas de solo sob diferentes coberturas vegetais. As barras horizontais representam diferenças mínimas significativas (DMS) calculadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

Tabela 3 Modelo matemático do tipo exponencial para estimativa dos teores de carbono em função de profundidade média das camadas de solo avaliadas para as áreas sob efeito de matas e culturas

Área	Equação Matemática	R <sup>2</sup>
MTN	$y = 216,2e^{-0,66x}$	R <sup>2</sup> = 0,88
REF20	$y = 192,1e^{-0,73x}$	R <sup>2</sup> = 0,96
REF19	$y = 161,0e^{-0,77x}$	R <sup>2</sup> = 0,96
REF16	$y = 719,3e^{-1,32x}$	R <sup>2</sup> = 0,93
REF13	$y = 1115,e^{-1,61x}$	R <sup>2</sup> = 0,85
REF12	$y = 1131,e^{-1,74x}$	R <sup>2</sup> = 0,86
REF7	$y = 44659e^{-3,04x}$	R <sup>2</sup> = 0,91
CAN	$y = 14584e^{-2,85x}$	R <sup>2</sup> = 0,98
SMS	$y = 555,8e^{-1,79x}$	R <sup>2</sup> = 0,95
PAS	$y = 1892,e^{-2,42x}$	R <sup>2</sup> = 0,98

Nota: R<sup>2</sup>: coeficiente de correlação; MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

Em geral, a concentração de carbono foi maior na camada superior (0-5 cm), diminuindo com o aumento da profundidade, em todas as áreas avaliadas ( $p < 0,05$ ), o que está de acordo com os dados obtidos por Moraes et al. (2013), Neves et al. (2004), Silva et al. (2004) e Souza e Melo (2003). Esse efeito estaria associado às maiores adições de matéria orgânica e à alta decomposição de raízes finas, em geral mais abundantes nas camadas superficiais (CORAZZA et al., 1999; LAL, 2005). Além disso, a matéria orgânica tende a permanecer no local de deposição, pela baixa solubilidade dos compostos orgânicos em solo, o que determina baixa mobilidade de C em solo.

Em relação às coberturas vegetais, verifica-se que as áreas florestais apresentaram maiores concentrações do teor de carbono em relação às áreas agrícolas, variando de 5,92% (REF16) a 2,45% (PAS) na camada de 0-5 cm e de 3,09% (REF16) a 1,59% (SMS) na camada de 20-40 cm de profundidade.

Esses resultados demonstram que as espécies arbóreas exercem influência no estoque e na distribuição de C no perfil de solo, que depende do aporte e decomposição dos resíduos vegetais depositados sobre o solo, além da distribuição vertical e padrão de alocação de C pelas raízes ao longo do perfil e, conseqüentemente, estratificando o C verticalmente (JOBÁGY; JACKSON, 2000). Além disso, em áreas sob cultivos agrícolas, ocorrem maiores taxas de decomposição da MOS, tendo em vista a maior degradação do solo e menor proteção física da MO presentes no interior de macroagregados, que, fica, assim, mais exposta ao ataque microbiano (ZINN; LAL; RESCK, 2005).

Em comparação com outros estudos, os teores de carbono são superiores aos relatados na literatura: Moraes et al. (2013) mediram a concentração do teor de um fragmento de cerradão em diferentes profundidades e observaram que o teor de carbono foi de 2,59% na camada de 0-10 cm e 0,76% na camada de 20-40 cm. Nogueira (2013) avaliando C em Floresta Estacional Semidecidual, em área de mata ciliar, encontrou 3,7% de C na camada de 0-10 cm e de 1,5% para camada de 0-40 cm. Essa grande diferença, também, pode estar relacionada aos diferentes procedimentos analíticos empregados. Na maioria dos casos, os laboratórios utilizam métodos analíticos baseados na oxidação do C por dicromato, diferentemente deste estudo, que empregou o método de combustão a seco, que, invariavelmente, propicia maior recuperação do C-solo.

Quanto às áreas agrícolas, geralmente, a adoção de práticas conservacionistas tem efeito positivo sobre o acúmulo de carbono no solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997; CANNELAS et al., 2003; RANGEL; SILVA, 2007). Essas diferenças na concentração de carbono, entre os dois tipos de manejo (plantio direto e convencional), são dependentes das condições específicas de cada sistema (tipo de solo, rotação/sucessão de culturas, condições climáticas e tempo de implantação do manejo (BAYER et al., 2006; FRAZÃO et al., 2008). No entanto, o menor valor encontrado sobre o sistema

plantio direto (SMS) pode ter ocorrido, em decorrência do período curto desse sistema para promover o aumento do teor de C nas camadas superficiais (CORAZZA et al., 1999). Essa área foi cultivada a mais de 60 anos com revolvimento do solo, o que pode ter influenciado diretamente nos teores de C, que foram menores em relação ao C determinado na área sob cultivo de cana-de-açúcar.

Quanto ao baixo teor de C nas áreas de pastagem, pode ser explicado, tendo em vista o pastoreio, durante todo o ano, sem uso de fertilizantes para repor nutrientes perdidos, o que resulta em menor produção de resíduo vegetal, com consequente menor aporte de material orgânico no solo reduzindo o teor de carbono (PORTUGAL et al., 2010; SILVA et al., 2004). No Brasil, esse cenário de pastagens degradadas com baixas reservas de matéria orgânica é muito comum, a ponto de atingir mais de 60 milhões de hectares de áreas de pasto (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV, 2013). É um quadro de degradação pelo fato de a qualidade do solo ser baixa, o que se explica pela compactação, superpastejo, ausência de adubação das pastagens e cultivo de forragens de alto valor nutricional e com grande capacidade de produzir biomassa. A taxa de decomposição da MO nesses ambientes pode ser baixa, mas isso não é suficiente para aumentar o estoque de C em solo, dado que as entradas de C pela biomassa são pequenas e a exportação de C e nutrientes das áreas de pastejo tende a ser máxima, sem a devida reposição.

Na análise da razão de estratificação, verifica-se que houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as áreas de estudo. Essa variação pode ser observada na Figura 7.

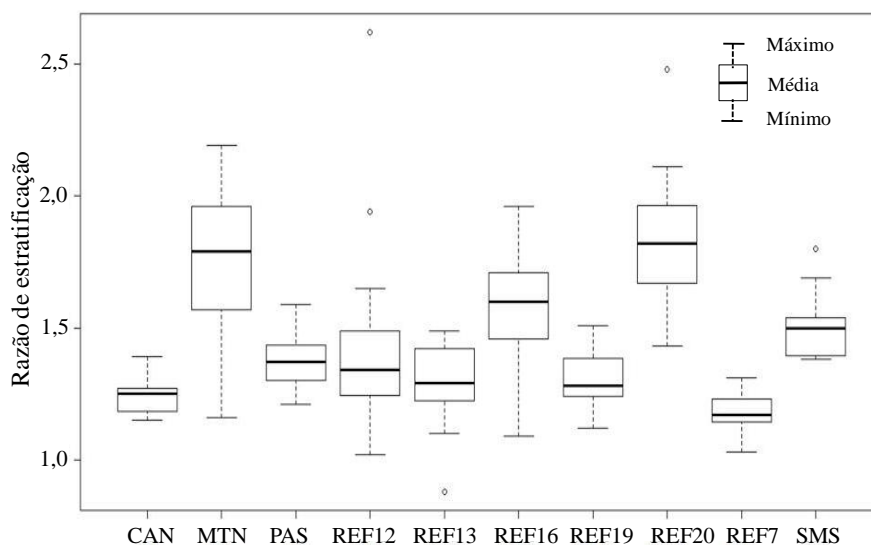


Figura 7 Representação em boxplot da razão de estratificação em função das diferentes coberturas vegetais

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

A razão de estratificação do carbono orgânico do solo variou de 1,18 a 1,84, sendo os maiores valores encontrados nas áreas de MTN e REF20 (1,75 e 1,84 respectivamente). As áreas de CAN e REF7, que não se diferenciaram estatisticamente, foram as que obtiveram menores valores de estratificação. A maior razão de SMS em relação a CAN, deve-se ao fato de menor revolvimento do solo, maior deposição dos resíduos culturais na superfície do solo, bem como o efeito da rotação de culturas, concordando com os resultados obtidos por Franzluerbbers (2002) e Tormena et al. (2004).

## **4.2 Estoque de carbono**

O estoque de carbono do solo, encontrado para as diferentes coberturas vegetais e camadas do solo, segue representado na Figura 8. Para comparar os valores, os dados obtidos para o estoque de carbono no solo foram submetidos à análise de variância e teste para a comparação de médias, considerando como fontes de variação o uso da terra, a profundidade do solo e a interação desses fatores. De acordo com a análise de variância, é possível verificar que houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para as variáveis, assim como a interação entre elas.

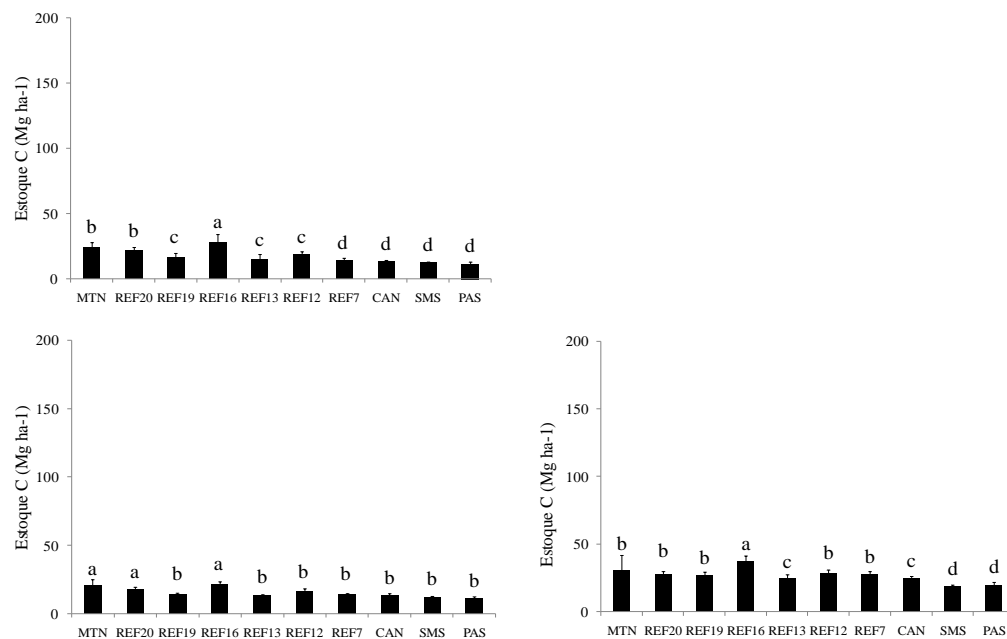
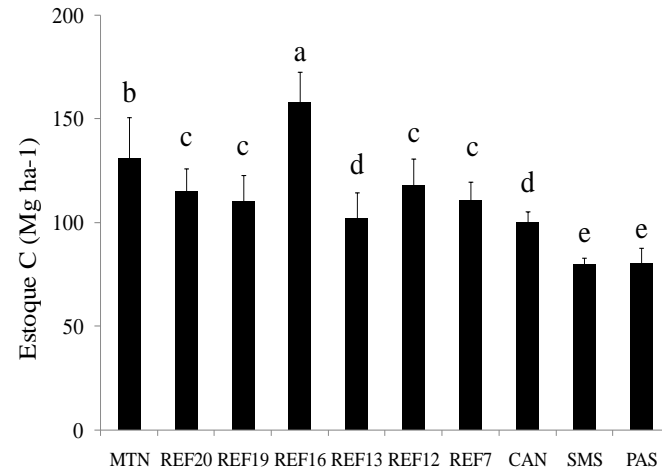
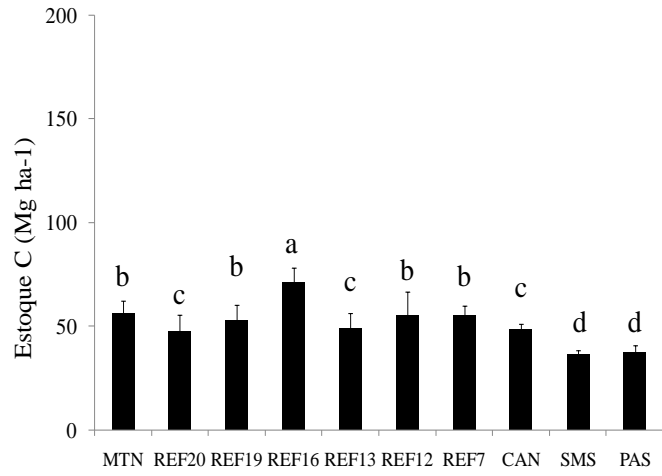


Figura 8 Estoque de carbono orgânico total (COT) das camadas (A) camada de 0-5 (B) camada de 5-10 (C) camada de 10-20 (D) camada de 20-40 e (E) camada de 0-40, em função das diferentes coberturas vegetais. Valores seguidos da mesma letra nas diferentes áreas dentro de cada profundidade não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

(...continua...)

“Figura 8, conclusão”





De maneira geral, os maiores estoques de carbono foram observados nos reflorestamentos e mata nativa, apresentando uma variação de 28,13 Mg ha<sup>-1</sup> (REF16) a 11,63 Mg ha<sup>-1</sup> (PAS) na camada de 0-5 cm, e de 71,04 Mg ha<sup>-1</sup> (REF16) a 36,55 Mg ha<sup>-1</sup> (SMS) na camada de 20-40 cm. Essa tendência de ecossistemas naturais apresentarem maiores estoques de carbono do que cultivos agrícolas estão relacionados à ausência de perturbação física no solo e aporte contínuo e abundante de resíduos que contribui para manutenção do CO no sistema (CASTRO FILHO; VIEIRA; CASÃO JÚNIOR, 1991).

Quanto às profundidades, observa-se que em todas as camadas o REF16 diferiu estatisticamente das demais áreas, com exceção da profundidade de 5-10 cm que foi estatisticamente igual a MTN e REF20. Na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm houve uma tendência dos reflorestamentos mais velhos estocarem mais carbono que os mais novos. Já, na profundidade de 10-20 cm e 20-40 cm houve um padrão diferente em relação a camada superficial, em que os reflorestamentos mais velhos já não apresentam mais este comportamento.

Em relação ao estoque de C acumulado na camada de 0-40 cm, os maiores valores foram observados no REF16 (158,06 Mg ha<sup>-1</sup>) e MTN (131,29 Mg ha<sup>-1</sup>), seguidos em ordem decrescente pelos REF12 (117,93 Mg ha<sup>-1</sup>), REF20 (114,85 Mg ha<sup>-1</sup>), REF7 (111,04 Mg ha<sup>-1</sup>), REF19 (110,44 Mg ha<sup>-1</sup>), REF13 (102,28 Mg ha<sup>-1</sup>), CAN (100,21 Mg ha<sup>-1</sup>), PAS (80,55 Mg ha<sup>-1</sup>) e SMS (79,84 Mg ha<sup>-1</sup>).

Essa diferença dos valores no estoque, pode ser explicada pelas variações encontradas em cada comunidade florestal, como, por exemplo, a quantidade e a qualidade da serrapilheira e sua velocidade de decomposição, quantidade de raízes, composição dos exsudados radiculares (MELO; DURIGAN, 2006; NOVAES FILHO et al., 2007; OSTERTAG et al., 2008; ZHENG et al., 2007) afetando as taxas de produção da matéria orgânica (GUO; GIFFORD, 2002).

Os estoques de carbono do solo ocorrem em função das entradas de C pelos resíduos vegetais e outras matérias orgânicas e as perdas, por decomposição, erosão e lixiviação (COWIE; SMITH; JOHNSON, 2006). Quando as entradas excedem as perdas, o C é acumulado no sistema; quando as perdas são maiores, o C armazenado diminui (JANSEN, 2000). Este fato pode explicar, em parte, o REF16 estocar mais carbono que a MTN, indicando que não sai C do sistema, ou sai muito pouco, pois a ciclagem é maior, os processos de perdas de C não são tão intensivos, em razão da pouca ou nenhuma perturbação do solo. Pode ser também que o material vegetal depositado nos solos pelas espécies vegetais utilizadas no reflorestamento seja mais recalcitrante do que o da MTN, o que explica a capacidade desses sistemas em reter C. Isso aponta um efeito indireto da qualidade da serapilheira, em que materiais mais recalcitrantes se decompõem mais lentamente do que fontes de carbono mais instáveis.

Em comparação com outros estudos, a literatura científica indica valores bem menores do que os verificados no presente trabalho. Segundo Bernoux et al. (2002), foi estimado para solos sob Floresta Estacional Semidecidual na camada de 0-30 cm, uma média de estoque de 48,7 Mg C ha<sup>-1</sup>, que, por sua vez, é 3 vezes menor que a quantidade de carbono encontrado na MTN (131,29 Mg ha<sup>-1</sup>) na camada de 0-40 cm. Grimm et al. (2008) encontraram um estoque para a camada de 0-30 cm de 64,83 Mg ha<sup>-1</sup> e para camada de 0-50 de 86,62 Mg ha<sup>-1</sup> em Floresta Estacional Semidecídua no Panamá. Neves et al. (2004) em Latossolo Vermelho de textura muito argilosa, encontraram estoque de 62,4 Mg C ha<sup>-1</sup> para cerrado nativo e 52,2 Mg C ha<sup>-1</sup> para pastagem cultivada na camada de 0-40 cm.

Macedo et al. (2008), avaliando a recuperação de uma área degradada após 13 anos de plantio utilizando leguminosas arbóreas na Mata Atlântica, encontraram um aumento de 24 Mg ha<sup>-1</sup> em relação a uma pastagem degradada

representando um aumento anual de  $1,73 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Neste estudo, no REF16 que era, anteriormente, ocupada pela lavoura de cana, houve um incremento de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  após 16 anos a uma taxa anual de  $1,15 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Esse valor está dentro do esperado por Silver, Ostertag e Lugo (2000) que estimaram que o carbono do solo pode acumular taxas de  $1,30 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}$ , durante os primeiros 20 anos de um reflorestamento nos trópicos úmidos.

Analisando os cultivos agrícolas separadamente, obteve-se a seguinte sequência para os valores de estoque de CO:  $\text{CAN} > \text{PAS} > \text{SMS}$ , onde as áreas de SMS e PAS apresentaram o mesmo comportamento estatístico em todas as profundidades. Embora alguns autores relatem a possibilidade de sistemas como pastagens e plantio direto aumentarem o estoque de C orgânico em relação aos sistemas convencionais com maior revolvimento do solo (CORAZZA et al., 1999; HICKMANN; COSTA, 2012; RANGEL; SILVA, 2007; SÁ et al., 2014; SOUZA; MELO, 2003), este estudo indicou tendência diferente aos relatados.

Esses resultados indicam que a grande quantidade de resíduos da colheita incorporadas em maior volume no solo e a adição da vinhaça por longo prazo contribuem para a adição de matéria orgânica na lavoura de cana-de-açúcar (CANELLAS et al., 2003), que foi, estatisticamente, igual alguns reflorestamentos. Esse maior potencial de acúmulo de carbono no solo, comparado com outras culturas, está diretamente relacionado com a maior produção primária dessa cultura (LA SCALA; FIGUEIREDO; PANOSSO, 2012). De acordo com Cerri et al. (2011), a quantidade de matéria seca depositada sobre o solo após a colheita mecanizada é de 10 a  $20 \text{ t ha}^{-1}$ , que corresponde de 5-10 Mg de carbono na superfície do solo. Por mais que haja renovação do solo de canavial, o grande aporte de C compensa o revolvimento do solo e o aumento da taxa de decomposição da MOS a cada 4-5 anos em que a cana é replantada. Além disso, a cana é uma gramínea ( $\text{C}_4$ ) que

produz muito C nas raízes e que associa-se a organismos do solo que fixam N (RESENDE et al., 2006), que intensifica o sequestro de C no solo.

No sistema SMS, o menor acúmulo de C em relação ao plantio convencional, pode ser atribuído à rápida mineralização dos resíduos vegetais em função das altas temperaturas do local de estudo. Além disso, tudo indica que o histórico do uso da terra teve um forte impacto sobre o armazenamento de carbono orgânico no solo, em que não foi devidamente preparado para receber o sistema plantio direto, reduzindo, assim, a matéria orgânica do solo. Fatores como o tempo de consolidação do sistema plantio direto (8 anos) e a baixa produtividade das culturas, em torno de 2500 kg/ha de soja e 5000 kg/ha de milho, também parecem ter efeitos expressivos nos estoques de carbono do solo. Isso ocorre, porque culturas menos produtivas resultam em baixa adição de resíduos ao solo (LOVATO et al., 2004).

Quanto à pastagem, por ter característica de uma área degradada, decorrente de um conjunto de fatores, como ausência de reposição de nutrientes, compactação, alta taxa de lotação de 2,5 UA/ha, baixa produção de biomassa, reduziu em 38% o estoque de carbono em relação à mata nativa. Cardoso et al. (2010) relataram valores semelhantes (32%) quando floresta semidecídua foi convertida em pastagens cultivadas, na camada de 0-40 cm. Por outro lado, Freitas et al. (2000) mostraram que pastagens bem manejadas podem manter o nível do estoque orgânico, equivalendo ao estoque sob vegetação nativa. Maia et al. (2009) afirmam que a variabilidade espacial, tipos de clima e solo, tipo de forragem e manejo do solo são apontados como os principais responsáveis por essas variações no estoque de C orgânico.

Em razão da capacidade que os solos têm no armazenamento de carbono, tornam-se cada vez mais importante os estudos que permitam avaliar como um determinado sistema pode influenciar os níveis de matéria orgânica em relação a outros. Pode-se notar, pela Figura 9, que o REF16 apresentou o fator

de retenção de C maior (1,2) do que a mata nativa (1,0) considerada como sendo a mais propícia à retenção de C no solo, em estado de equilíbrio. Os cultivos agrícolas (CAN, SMS e PAS) apresentaram, aproximadamente, a metade desse fator. Assim sendo, para as mesmas condições ambientais, o histórico de revolvimento do solo e a utilização de insumos agrícolas explicariam essas diferenças entre as diferentes áreas avaliadas.

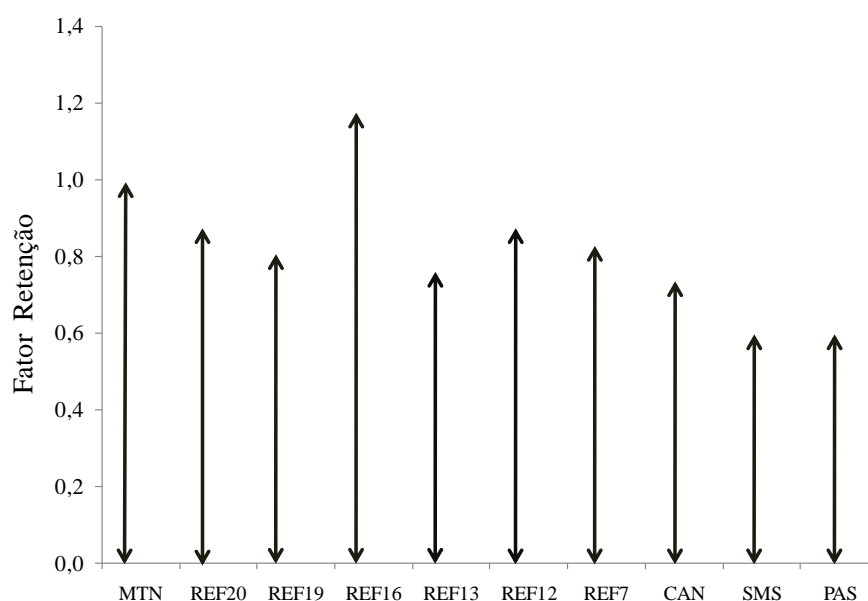


Figura 9 Fator retenção nas diferentes áreas avaliadas

Nota: MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

### 4.3 Densidade e caracterização química do solo

Os valores de densidade do solo para cada cobertura vegetal/sistema de uso/manejo solo são apresentados na Tabela 4. Pelo resultado da análise de

variância, verifica-se que houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para a densidade entre as áreas avaliadas, para todas as camadas de solo amostradas.

Tabela 4 Valores médios de densidade do solo em  $\text{g cm}^{-3}$  para as áreas avaliadas, nas diferentes profundidades de solo

Área	Ds ( $\text{g cm}^{-3}$ )			
	0-5	5-10	10-20	20-40
MTN	0,95a	1,06a	1,10a	1,15a
REF20	1,08b	1,20b	1,30b	1,36b
REF19	1,33c	1,34c	1,53c	1,50c
REF16	0,84a	0,96a	1,15a	1,25a
REF13	1,08b	1,21b	1,42c	1,36b
REF12	1,00b	1,02a	1,14a	1,23a
REF7	1,02b	1,12b	1,23b	1,31b
CAN	1,33c	1,45c	1,45c	1,44c
SMS	1,12b	1,19b	1,24b	1,14a
PAS	1,13b	1,17b	1,10a	1,14a

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância.

MTN: Mata nativa; REF20 reflorestamento de 20 anos; REF19: reflorestamento de 19 anos; REF16: reflorestamento de 16 anos; REF13: reflorestamento de 13 anos; REF12: reflorestamento de 12 anos; REF7: reflorestamento de 7 anos; CAN: cultivo convencional de cana-de-açúcar; SMS: plantio direto de soja-milho-sorgo; PAS: Pastagem.

A densidade média do solo variou de 0,84 a 1,53  $\text{g cm}^{-3}$ . Observa-se que a densidade do solo foi menor na camada superficial (0-5 e 5-10 cm), em relação às camadas de subsolo (10-20 e 20-40 cm), independentemente do manejo/uso do solo adotado. Esse resultado, possivelmente, é decorrente da diminuição do teor de matéria orgânica, à medida que se aprofunda no solo e ao efeito do peso de uma camada de solo sobre outra, tendo em vista as suas sobreposições (CAVENAGE et al., 1999).

Considerando as diferentes áreas, em geral, os solos sob reflorestamentos apresentaram os menores valores de densidade. Resultados similares também foram obtidos por Araújo, Tormena e Silva (2004) e Viana et

al. (2011), que encontraram valores de densidade maiores em áreas cultivadas, em relação em relação à mata nativa. No entanto, alguns solos sob floresta apresentaram maiores valores de densidade, o que pode ser atribuído à presença residual de compactação resultante de operações de revolvimento de solo e tráfego de máquinas, tanto na implantação das florestas quanto em operações anteriores de uso dos solos para outros fins que não o de reflorestamento.

Os dados apresentados na Figura 10 evidenciam que há correlação negativa ( $r = -0,67$  e  $r = -0,59$ ) entre o teor de carbono orgânico com a densidade do solo, respectivamente, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Na camada de 5-10 cm, embora tenha sido verificada correlação moderada entre o C e a densidade do solo, ela não foi significativa ( $p > 0,05$ ), possivelmente, pelo fato de que, por não haver revolvimento do solo e em razão da baixa mobilidade de resíduos e compostos orgânicos no solo, o acúmulo de lúter fica mais restrito à camada de solo de 0-5 cm. Silva et al. (2006), ao examinarem o efeito de diferentes manejos do solo, obtiveram correlação negativa entre o C e a densidade, com coeficiente de correlação de 0,70, muito similar ao verificado neste estudo. Resultados semelhantes também foram obtidos em Hickmann et al. (2012) e Kato et al. (2010), com correlação de 0,69 e 0,65, respectivamente.

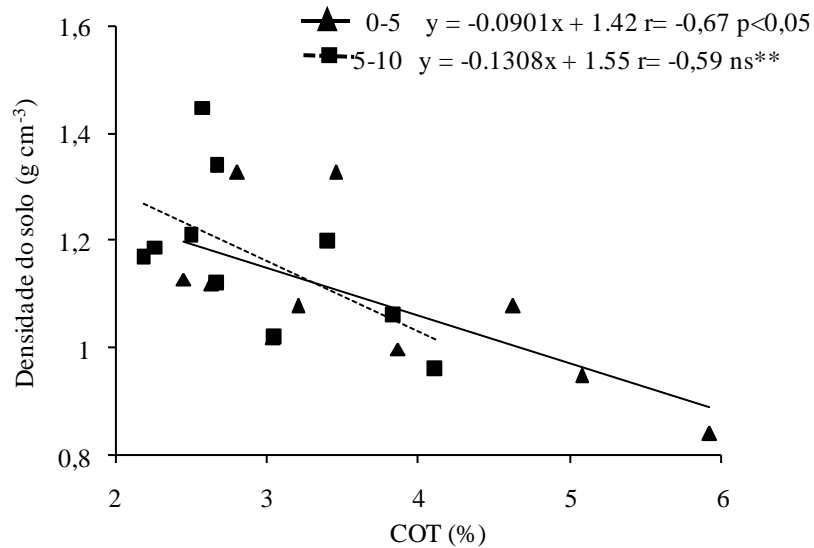


Figura 10 Relação entre os teores de C com a densidade do solo, considerando-se os dados relativos às camadas de 0-5 e 5-10 cm de áreas reflorestadas e de culturas agrícolas. r: análise de correlação de Pearson; p: p-valor ou significância a 5% de probabilidade pelo teste t-Student; ns\*\* : não significativo

Ao utilizar os atributos químicos relacionados ao grau de fertilidade do solo, verifica-se que houve baixa correlação e não significativa ( $r = 0,55$ ;  $p > 0,05$ ) entre o IFS e o estoque de carbono do solo (Figura 11). Uma possível explicação para isso é que a fertilidade natural para todas as áreas avaliadas, em geral, é alta e apresentaram baixa variabilidade entre os conjuntos de atributos avaliados, não sendo possível considerar esse índice como indicador da sustentabilidade desses solos.



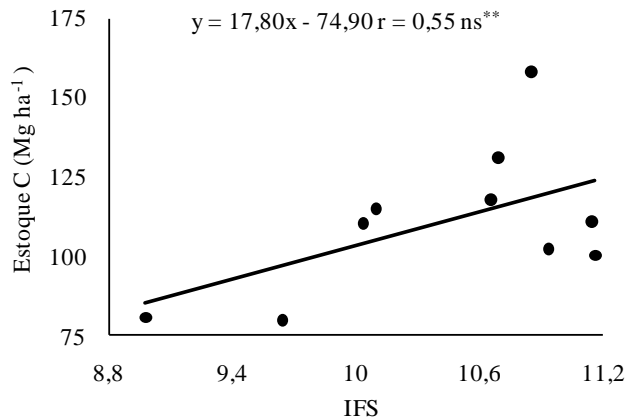


Figura 11 Equação de regressão do índice de fertilidade do solo com o estoque de carbono orgânico da camada de 0-40 cm. r: análise de correlação de Pearson; ns\*\*: não significativo

#### 4.4 Idade e Parâmetros fitossociológicos

Avaliando os reflorestamentos, separadamente, observou que não houve correlação entre a idade e o estoque total de carbono ( $r = 0,17$ ;  $p > 0,05$ ). Essas respostas podem estar ligadas a diversos fatores que controlam o estoque de C no solo, como, por exemplo, histórico do uso da terra (GIRMAY et al., 2008) tipo e manejo do solo, clima e qualidade dos resíduos vegetais (COSTA et al., 2009; SILVA et al., 2004).

Neumann-Cosel et al. (2011), comparando o carbono orgânico até 10 cm de profundidade de florestas secundárias em processo de regeneração natural de 5-8 anos de idade e de 12-15 anos, em relação a uma de 100 anos e uma mata primária, observaram que houve uma tendência em armazenar mais carbono com o aumento da idade, no entanto elas não foram estatisticamente significativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Hughes, Kauffman e Jaramillo (1999), Marin-Spiotta et al. (2009) e Sheldbauer e Kavanagh (2008).

Em relação as características dos reflorestamentos pelos dados do inventário realizado por Ferreira (2009) e Reis (2008), os resultados da correlação de Pearson mostraram que as variáveis riqueza de espécies ( $r=0,85$ ) e Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) ( $r=0,93$ ) apresentaram correlação positiva e significativa ( $p<0,05$ ), enquanto a densidade de espécies ( $r=-0,44$ ) e área basal ( $r=0,04$ ) não apresentaram correlação significativa, conforme mostrado na Figura 12. O REF16, com uma riqueza de 57 espécies, teve o maior estoque de carbono ( $158 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), sendo 29% a mais que o reflorestamento com a menor riqueza de espécies (REF7). Esse resultado também variou o Índice de Shannon, em que o mesmo reflorestamento tinha 35% a mais de estoque do que o reflorestamento com o menor índice (REF13).

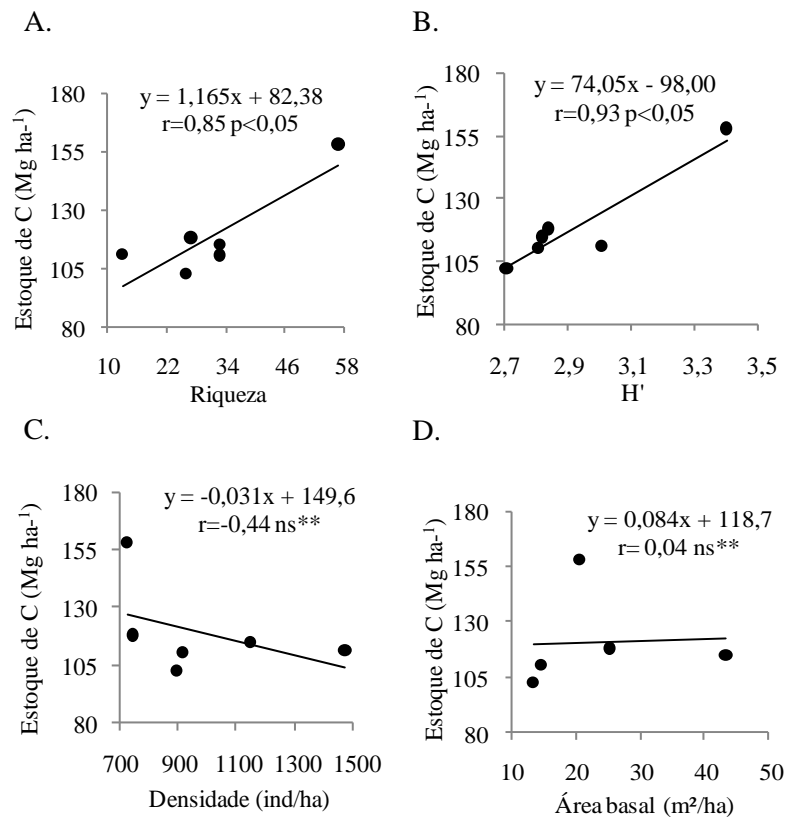


Figura 12 Relação entre estoque de carbono (0-40cm) e riqueza de espécies (A); diversidade de Shannon-Wiener (H') (B); densidade de espécies (C) e área basal (D) em reflorestamentos de diferentes idades. r: análise de correlação de Pearson; p: p-valor ou significância a 5% de probabilidade pelo teste t-Student; ns\*\*: não significativo

\*Dados usados referentes a Ferreira (2009) e Reis (2008).

Alguns autores também encontraram relação positiva entre a diversidade de espécies e estoque de carbono orgânico no solo. Por exemplo, Saha et al. (2009) observaram que os estoques de C, no solo, aumentaram com a maior riqueza de espécies em diferentes sistemas agroflorestais tropicais, especialmente nos 50 cm de solo. Chen (2006) encontrou uma correlação positiva entre diversidade de espécies e teor de carbono orgânico do solo acima dos 30 cm de profundidade em florestas antigas da China. Kirby e Potvin (

2007) sugerem que comunidades mais ricas em espécies são capazes de uma utilização mais completa dos recursos e o sistema torna-se mais produtivo e, portanto, leva a uma maior produção primária líquida que, por sua vez, pode contribuir para um maior sequestro de carbono.

Em contraste, Nogueira Junior et al. (2011), avaliando a dinâmica de carbono em dois modelos de restauração em Botucatu, SP, observaram que, após 10 anos o estoque de C na camada de 0-5 cm na área em que foi utilizada baixa diversidade de espécies (5) não apresentaram diferenças entre o tratamento de alta diversidade (41), o controle (regeneração natural) e Floresta Nativa.

Assim, pode-se supor que existe uma clara indicação da influência das espécies nos resultados, no entanto, nenhuma conclusão pode ser tirada a partir deste estudo sobre seu papel no armazenamento de C no solo. Uma abordagem mais precisa, realizando um novo inventário, buscando conhecer a situação atual do reflorestamentos como área basal, biodiversidade, densidade, bem como o papel do sistema radicular e a coleta de serapilheira acumulada sobre o solo poderia ser alvo de investigações futuras. Para uma melhor estimativa, a coleta de amostras de solos em maiores profundidades possibilitaria uma indicação mais confiável de como as diferentes coberturas são capazes de armazenar o estoque de CO do solo.

## 5 CONCLUSÕES

- a) As áreas diferenciaram-se quanto aos teores de carbono, sendo, em geral, notado decréscimo dos teores de carbono com o aumento da profundidade do solo. Os estoques de C nos solos sob reflorestamentos e na mata nativa foram maiores do que os notados para solos cultivados com lavouras.
- b) Considerando o fator de retenção de C, somente o a área reflorestada a 16 anos estoca mais carbono que a mata nativa, sendo o C armazenado em solos de áreas cultivadas cerca da metade do notado para o solo sob mata.
- c) A maior razão de estratificação foi verificada nas áreas de mata nativa e nos reflorestamentos implantados a 16 e 20 anos atrás.
- d) Houve uma diferença siginificativa na densidade do solo nas diferentes áreas avaliadas; a densidade do solo correlacionou com o teor de carbono até a profundidade de 10 cm. Não houve relação entre o grau médio de fertilidade do solo com o estoque de C-solo.
- e) O estoque de carbono no solo não é regulado pela idade dos reflorestamentos, no entanto, foi verificada estreita correlação entre o C armazenado em solo com a riqueza e diversidade de espécies florestais.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; LAVADO, R. S. Climate, organica matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. **Geoderma**, Amsterdam, v. 83, n. 1/2, p. 127-141, Apr. 1998.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 337-345, mar./abr. 2004.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, Apr. 2006.

BAYER, C.; MIELNICKZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 105-112, abr./jun. 1997.

BERNOUX, M. et al. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of America Journal**, Fayetteville, v. 66, n. 3, p. 888-896, May 2002.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. **Plant and Soil**, The Hague, v. 124, n. 1, p. 53-64, May 1990.

CANELLAS, L. P. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 935-944, 2003.

CARDOSO, E. L. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens do bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, set. 2010.

CARMO, D. L. **Condutividade elétrica como preditora do grau de fertilidade do e da produção de biomassa pelo milho**. Lavras: UFLA, 2014. No prelo.

CARVALHO, D. A. et al. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-345, 2005.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potential of soil carbon sequestration in different biomes of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil Tillage**, Amsterdam, v. 20, n. 2/3, p. 271-283, June 1991.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 997-1003, out./dez. 1999.

CERRI, C. C. et al. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 23-28, Feb. 2011.

CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-89, 2007.

CHEN, X. Tree diversity, carbon storage, and soil nutrient in an old-growth forest at Changbai Mountain, Northeast China. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 37, n. 3, p. 363-375, 2006.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 425-432, abr./jun. 1999.

COSTA, F. de S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 323-332, jan./fev. 2008.

COSTA, O. V. et al. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1137-1145, set./out. 2009.

COWIE, A. L.; SMITH, P.; JOHNSON, D. Does soil carbon loss in biomass production systems negate the greenhouse benefits of energy? **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, New York, v. 11, n. 5/6, p. 979-1002, Sept. 2006.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 412 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (sistema para análise de variância) para Windows: versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, W. C. **Estoque de biomassa e carbono e parâmetros indicadores de recuperação de matas ciliares**. 2009. 176 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FONSECA, W.; BENAYAS, J. M. R.; ALICE, F. E. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 8, p. 1400-1408, Oct. 2011.

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

FRAZÃO, L. A. et al. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, maio 2008.



FREITAS, P. L. et al. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Agricultura de baixa emissão de carbono**: a evolução de um novo paradigma. São Paulo, 2013. 204 p. Relatório de pesquisa.

GAMBOA, A. et al. Nutrient addition differentially affects soil carbon sequestration in secondary tropical dry forests: early- versus late-succession stages. **Restoration Ecology**, Malden, v. 18, n. 2, p. 252-260, 2008.

GIESE, L. A. et al. Biomass and carbon pools of disturbed riparian forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 180, n. 1/3, p. 493-508, July 2003.

GIRMAY, G. et al. Carbon stocks in Ethiopian soils in relation to land use and soil management. **Land Degradation & Development**, New York, v. 19, n. 4, p. 351-367, July/Aug. 2008.

GRIMM, R. et al. Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island: digital soil mapping using Random Forests analysis. **Geodema**, Amsterdam, v. 146, n. 1/2, p. 102-113, 2008.

GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, Oxford, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002.

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

HICKMANN, C. et al. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 128-136, 2012.

HUGHES, R. F.; KAUFFMAN, J. B.; JARAMILLO, V. J. Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forest in a humid tropical region of Mexico. **Ecology**, Durham, v. 80, n. 6, p. 1892-1907, Sept. 1999.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Cambio climático 2007**: mitigación del cambio climático: contribución del grupo de trabajo III al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático: resumen técnico. Disponible em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm)>. Acesso em: 31 jan. 2014.

JANSEN, H. H. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 104, n. 3, p. 399-417, Dec. 2000.

JOBBAGY, E. G.; JACKSON, R. B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, n. 2, p. 423-436, 2000.

KATO, E. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo vermelho-amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 732-738, 2010.

KIRBY, K. R.; POTVIN, C. Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 246, n. 2/3, p. 208-221, July 2007.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper & Row, 1989. 654 p.

LA SCALA, N.; FIGUEIREDO, E. B.; PANOSSO, A. R. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p. 775-785, Aug. 2012.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, n. 1/3, p. 242-258, Dec. 2005.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate changes. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 1/2, p. 1-22, Nov. 2004.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 175-187, jan./fev. 2004.

MACEDO, M. O. et al. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 5/6, p. 1516-1524, Apr. 2008.

MAIA, S. M. F. et al. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondonia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 149, n. 1/2, p. 84-91, 2009.

MARIN-SPIOTTA, E. et al. Soil organic matter dynamics during 80 years of reforestation of tropical pastures. **Global Change Biology**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 1584-1597, June 2009.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 149-154, ago. 2006.

MORAIS, V. A. et al. Carbon and biomass stocks in a fragmento of cerradão in Minas Gerais state, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 237-245, 2013.

NEUMANN-COSEL, L. et al. Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures: a case study from Panama. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1625-1633, May 2011.

NEVES, C. M. N. et al. Estoque de carbono em sistemas agrosilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1625-1633, set./out. 2004.

NOGUEIRA, M. O. G. **Estoque de carbono na biomassa radicular e no solo em ecossistema florestal em processo de recuperação**. 2013. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R. et al. Soil dynamics and carbon stocks 10 years after restoration o degraded land using Atlantic Forest tree species. **Forest Systems**, Berlin, v. 20, n. 3, p. 536-545, 2011.

NOVAES FILHO, J. P. et al. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 83-92, jan./fev. 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. et al. Indicadores químicos de qualidade da matéria orgânica desolo da sub-bacia do Rio das Mortes sob manejos diferenciais de cafeeiro. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1733-1737, 2008.

OSTERTAG, R. et al. Litterfall and decomposition in relation to soil carbon pools along a secondary forest chronosequence in Puerto Rico. **Ecosystems**, v. 11, n. 5, p. 701-714, May 2008.

PORTUGAL, A. F. et al. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 575-585, mar./abr. 2010.

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

REIS, D. N. **Desenvolvimento de um índice para avaliação da recuperação de ecossistemas ciliares**. 2008. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RESENDE, A. S. et al. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, NE, Brazil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 281, n. 1/2, p. 339-351, Mar. 2006.

RHEINHARDT, R. D. et al. Carbon storage of headwater riparian zones in an agricultural landscape. **Carbon Balance and Management**, Berlin, v. 7, n. 4, p. 2-5, 2012.

RHOADES, C. C.; ECKERT, G. E.; COLEMAN, D. C. Soil carbon differences among forest, agriculture and secondary vegetation in lower montane Ecuador. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, n. 2, p. 497-505, Apr. 2000.

SÁ, J. C. M. et al. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 136, p. 38-50, Mar. 2014.

SAHA, S. et al. Soil carbon stock in relation to plant diversity of homegardens in Kerala, India. **Agroforestry Systems**, Heidelberg, v. 76, n. 1, p. 53-65, 2009.

SCHEDLBAUER, J. L.; KAVANAGH, K. L. Soil carbon dynamics in a chronosequence of secondary forests in northeastern Costa Rica. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 255, n. 3/4, p. 1326-1335, Mar. 2008.

SEGNINI, A. et al. Carbon stock and humification index of organic matter affected by sugarcane straw and soil management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 7, n. 5, p. 321-326, 2013.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete sample. **Biometrika**, London, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SIERRA, C. et al. Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 243, n. 2/3, p. 299-309, May 2007.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, J. E. et al. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, New York, v. 103, n. 2, p. 357-363, 2004.

SILVA, M. A. S. da et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 329-337, mar./abr. 2006.

SILVER, W. L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A. E. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. **Restoration Ecology**, Malden, v. 8, n. 4, p. 394-407, 2000.

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

TORMENA, C. A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Fayetteville, v. 58, n. 1, p. 175-180, Jan. 1994.

VIANA, E. T. et al. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2105-2114, 2011.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. R.; CARVALHO, D. A.  
Fitossociologia de floresta ripária do Baixo Rio Grande, Conquista, MG.  
**Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 423-433, jul./ago. 1999.

ZHENG, H. et al. Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soilregion of southern Chine. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 2/3, p. 1113-1121, Mar. 2008.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 28-40, Dec. 2005.

## ANEXO

**ANEXO A – Tabela das espécies encontradas no estrato arbóreo das áreas estudadas localizadas no entorno Bacia do Rio Grande**

Tabela 1 Espécies arbóreas encontradas nos plantios de recomposição de mata ciliar do reservatório de Volta Grande

Família (negrito) e espécies	Área					
	REF20	REF19	REF16	REF13	REF12	REF7
<b>Anacardiaceae</b>						
<i>Astronium fraxinifolium</i>			X			
<i>Lithrea molleoides</i>	X	X	X	X		X
<i>Mangifera indica</i>			X			
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	X	X	X	X		X
<i>Shinus terebinthifolia</i>	X		X		X	
<i>Tapirira guianensis</i>					X	
<b>Annonaceae</b>						
<i>Annona muricata L.</i>	X					
<i>Annonaceae sp.1</i>			X			
<i>Xylopia aromatica</i>			X		X	
<b>Apocynaceae</b>						
<i>Aspidosperma parvifolium</i>						X
<b>Bignoniaceae</b>						
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	X	X				
<i>Jacaranda puberula</i>	X					
<i>Paratecoma peroba</i>	X					
<i>Tabebuia alba</i>		X				
<i>Tabebuia chrysotricha</i>		X	X			
<i>Tabebuia impetiginosa</i>		X				
<i>Tabebuia serratifolia</i>			X			
<i>Tabebuia róseo alba</i>	X					
<i>Zeyheria tuberculosa</i>			X			
<b>Cannabaceae</b>						
<i>Celtis iguanea</i>			X			
<i>Trema micrantha</i>	X	X	X		X	
<b>Caricaceae</b>						
<i>Carica papaya</i>			X			
<b>Cecropiaceae</b>						
<i>Cecropia pachytachia</i>		X	X			
<b>Euphorbiaceae</b>						
<i>Hevea brasiliensis</i>					X	
<i>Sapidum glandulatum</i>		X				
<i>Sapium haematospermum</i>			X		X	

Família (negrito) e espécies	Área					
	REF20	REF19	REF16	REF13	REF12	REF7
<b>Lauraceae</b>						
<i>Nectandra nitidula</i>			X			
<b>Leguminosae</b>						
<i>Acacia auriculiformes</i>	X	X				
<i>Acacia mangium</i>	X					
<i>Acacia polyphylla</i>			X		X	
<i>Albizia lebbbeck</i>	X					
<i>Albizia polycephala</i>			X			
<i>Anadenanthera colubrina</i>			X		X	
<i>Anadenanthera peregrina</i>	X	X		X		
<i>Apuleialeiocarpa</i>						X
<i>Cassia grandis</i>	X			X		
<i>Centrolobium tomentosum</i>			X			
<i>Clitoria faichildiana</i>		X	X	X	X	
<i>Copaifera langsdorffii</i>		X	X			
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	X	X	X		X	
<i>Erytrina sp.</i>					X	
<i>Hymenaea courbaril</i>		X	X	X	X	X
<i>Hymenaea stignocarpa</i>				X		
<i>Inga marginata</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Inga affinis</i>			X			
<i>Leucaena leucophala</i>	X			X		
<i>Machaerium aculeatum</i>		X		X		
<i>Machaerium nictitans</i>			X			
<i>Machaerium opacum</i>	X					
<i>Machaerium villosum</i>		X				
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>				X		
<i>Myroxylon peruiferum</i>	X	X	X	X		
<i>Parapitadenea rígida</i>	X	X		X		
<i>Peltophorum dubium</i>			X		X	
<i>Platycyamus regnellii</i>			X			
<i>Platymenia reticulata</i>		X		X		
<i>Platypodium elegans</i>	X	X	X			
<i>Pterogyne nitens</i>			X			
<i>Schizolobium parayba</i>			X	X		
<i>Senna macranthera</i>			X			
<i>Senna multijuga</i>			X	X		
<i>Tamarindus indica</i>						X
<b>Lythraceae</b>						
<i>Lafoensia pacari</i>					X	



Família (negrito) e espécies	Área					
	REF20	REF19	REF16	REF13	REF12	REF7
<b>Malvaceae</b>						
<i>Apeiba tiborbu</i>	x					
<i>Ceiba speciosa</i>	x	x	x		x	
<i>Guazuma ulmifolia</i>		x	x	x	x	x
<i>Pachira aquatica</i>	x		x			
<i>Pterygota brasiliensis</i>					x	
<i>Pseudo bombaxtomertosum</i>	x					
<b>Meliaceae</b>						
<i>Cedrela fissilis</i>	x	x	x	x		
<i>Guarea guidonea</i>		x	x			
<i>Guarea sp.</i>			x			
<i>Melia azedarach</i>	x		x			
<i>Swietenia macrophylla</i>					x	x
<i>Trichilia pallens</i>			x			
<i>Trichilia pallida</i>			x			
<b>Moraceae</b>						
<i>Ficus sp.1</i>			x			
<i>Ficus gomelleira</i>	x			x		
<i>Maclura tinctoria</i>	x	x	x	x		
<b>Muntingiaceae</b>						
<i>Muntingia calabura</i>			x		x	
<b>Myrsinaceae</b>						
<i>Myrsine umbellata</i>		x	x		x	
<b>Myrtaceae</b>						
<i>Eungenia uniflora</i>					x	
<i>Myrtaceae sp.1</i>			x			
<i>Psidium guajava</i>	x	x	x		x	x
<i>Syzygium jambolanum</i>	x	x		x	x	x
<b>Piperaceae</b>						
<i>Piper aduncum</i>			x			
<i>Piper cernuum</i>			x			
<b>Rhamnoceae</b>						
<i>Rhamnidium elaeocarpus</i>	x	x				
<b>Rubiaceae</b>						
<i>Genipa americana</i>						x
<b>Rutaceae</b>						
<i>Zanthoxylum chiloperone</i>			x			
<b>Salicaceae</b>						
<i>Casearia gossypiosperma</i>			x			
<b>Sapindaceae</b>						
<i>Matayba juglandifolia</i>	x			x		
<i>Sapindus saponaria</i>		x	x	x		

Família (negrito) e espécies	Área					
	REF20	REF19	REF16	REF13	REF12	REF7
<b>Sapotaceae</b>						
<i>Pouteria torta</i>			x			
<b>Tialiaceae</b>						
<i>Luehea paniculata</i>		x		x		x
<i>Mutingia calabura</i>				x		
<b>Desconhecida</b>						
<i>Indeterminada 2</i>			x			

Fonte: Adaptado de Ferreira (2009) e Reis (2008).