

FRAÇÕES DO CARBONO OXIDÁVEL EM SOLOS SOB DIFERENTES
LEGUMINOSAS FLORESTAIS NO NORTE FLUMINENSE

LUCAS LUÍS FAUSTINO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2014

FRAÇÕES DO CARBONO OXIDÁVEL EM SOLOS SOB DIFERENTES
LEGUMINOSAS FLORESTAIS NO NORTE FLUMINENSE

LUCAS LUÍS FAUSTINO

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Solos e Nutrição de Plantas”.

Orientadora: Prof^a. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 065/2014

Faustino, Lucas Luís

Frações do carbono oxidável em solos sob diferentes leguminosas florestais no Norte Fluminense / Lucas Luís Faustino. – 2014.
29 f. : il.

Orientador: Emanuela Florestieri da Gama-Rodrigues
Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.
Bibliografia: f. 23 – 29.

1. Carbono 2. Labilidade 3. Matéria orgânica 4. Leguminosas I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 631.4

FRAÇÕES DO CARBONO OXIDÁVEL EM SOLOS SOB DIFERENTES
LEGUMINOSAS FLORESTAIS NO NORTE FLUMINENSE

LUCAS LUÍS FAUSTINO

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Solos e Nutrição de Plantas”.

Aprovada em 20 de Março de 2014

Comissão Examinadora



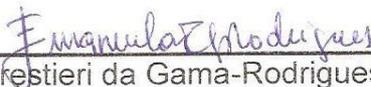
Prof. Antonio Carlos da Gama-Rodrigues (D.Sc., Solos e Nutrição de Plantas) - UENF



Prof.ª Maria Kellen da Silva Moço Tavares (D.Sc., Produção Vegetal) - IFF



Prof.ª Patrícia Anjos Bittencourt Barreto (D.Sc., Produção Vegetal) - UESB



Prof.ª Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (D.Sc., Ciência do Solo) – UENF
(Orientadora)

A Deus, por ter me iluminado e me dado forças para vencer mais essa etapa. Aos meus pais, José Faustino e Glória, que com toda garra e amor tornaram possível a realização desse sonho. À minha irmã Verônica e ao meu sobrinho, afilhado, Arthur que sempre torceram por mim. A Nádia pela paciência e por estar sempre ao meu lado. Aos meus amigos, que sempre estiveram comigo nos melhores e piores momentos tornando essa caminhada mais leve e alegre.

DEDICO e OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela presença constante em minha vida;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela concessão da bolsa de estudo, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Solos (LSOL), pela oportunidade de realização deste curso;

Aos meus familiares, em especial meus pais, irmã e afilhado sobrinho, pelo amor, pela compreensão e pelo apoio em todos os momentos;

À minha namorada Nádia, pela paciência, pelo carinho, pela compreensão e dedicação, para comigo em todos os momentos dessa caminhada;

À minha orientadora a professora Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues pela orientação, pela paciência, pela confiança, pelos ensinamentos e pelo incentivo na realização deste trabalho;

Aos professores Tony Gama e Cláudio Melo pela ajuda na estatística e melhor compreensão dos dados;

Aos demais professores do LSOL, pela oportunidade de aprendizado, pelo incentivo, pela confiança e pela contribuição para os meus conhecimentos durante o curso de mestrado;

Aos amigos da república “Os morantes” Leonardo Demier, Juliano Molino, José Hildenfonso, Paulo Fosse, João Fosse, Shirliane Firmino e ao cão Churrasco pelo companheirismo durante esse período de república;

Aos amigos de Laboratório de Solos sala 126, Marlon, Seldon, Gerbeli, Tarciana, Renato, David agradeço pelo companheirismo e pela amizade dedicada por todo este tempo e em especial ao Paulo Monroe pela ajuda nas análises estatísticas;

Aos amigos de Viçosa, que mesmo distantes sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em momentos difíceis, mostrando o verdadeiro valor da amizade;

Aos técnicos de laboratório Kátia, Vanilda e Ederaldo pela amizade e pelos ensinamentos;

E a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. Leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas.....	5
3.2. Matéria orgânica do solo.....	7
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
6. CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

RESUMO

FAUSTINO, Lucas Luís; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2014. Frações do Carbono Oxidável em Solos sob Diferentes Leguminosas Florestais no Norte Fluminense. Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

As alterações climáticas são resultado da crescente demanda pela expansão das fronteiras agrícolas e/ou pastagem para a produção de alimentos, fazendo com que aumente o desmatamento de sistemas florestais, e a queima de combustíveis fósseis, resultando na transferência de dióxido de carbono da biosfera para a atmosfera, contribuindo para a ocorrência do aquecimento global. Uma alternativa para a recuperação do potencial produtivo destes solos é o uso de leguminosas arbóreas que além de serem fixadoras do N_2 no solo, possuem a capacidade de aumentar o teor de matéria orgânica do solo, a disponibilidade de nutrientes, assim como melhorar as propriedades físicas. Este estudo é um complemento de trabalhos que já vêm sendo realizados na Fazenda Carrapeta, em Conceição de Macabú - RJ onde a introdução de leguminosas arbóreas, pelo aporte de resíduos vegetais, revelou-se capaz de melhorar a fertilidade e a atividade microbológica destes solos, favorecer a abundância e diversidade da fauna edáfica. Além disso, observou-se um estoque significativo de C nestes solos, em média de 240 Mg ha^{-1} na profundidade de 100 cm. Diante destes resultados o seguinte questionamento foi proposto: Existem diferenças nos níveis

de labilidade do C destes solos com o aumento da profundidade? O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do C em solos, por meio das frações de C oxidável, até a profundidade de 100 cm, sob diferentes plantios de leguminosas florestais. A área experimental constituiu-se das seguintes coberturas vegetais: plantios puros de ingá, acácia e sabiá com 14 anos de idade, um pasto de aproximadamente 50 anos e uma floresta secundária (capoeira), localizados no Norte Fluminense. Para a coleta das amostras de solos foram abertas trincheiras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. As frações oxidáveis do carbono foram determinadas por oxidação úmida com doses crescentes de H_2SO_4 (2,5; 5; 10 e 20mL que correspondem, respectivamente, a 3, 6, 9 e 12 mol L^{-1} de H_2SO_4) e separadas de acordo com nível de labilidade (F1: lábil; F2: moderadamente lábil; F3: moderadamente recalcitrante; F4: recalcitrante). A F1 foi significativamente superior em todas as coberturas vegetais e profundidades, sendo o maior valor encontrado para a acácia 31,35 C $g\ kg^{-1}$ na profundidade de 0-10 cm, na profundidade de 10-20 cm o pasto, acácia e ingá não diferiram entre si e foram estatisticamente superiores às demais coberturas. E, entre 20-40 cm, o pasto e a acácia mantiveram valores superiores, porém este último somente diferiu do ingá e sabiá. O C da F₂ apresentou menor variação entre as coberturas quando comparado a F1 e sem uma tendência definida. O pasto, a acácia e o ingá apresentaram, em geral, valores de C em F3 superiores às demais coberturas na profundidade até os 40 cm. Nas profundidades 40-60 e 60-80 cm a capoeira apresentou valor significativamente superior aos das demais coberturas e o sabiá menor valor. F4 também foi significativamente superior na capoeira na profundidade de 80-100 cm. F1 foi a fração predominante nestes solos e apresentou, em média, 65% de contribuição na formação do carbono orgânico total do solo. A fração F1 representou em torno de 30 Mg/ha de C lábil no solo superficial e foi a fração que mais contribuiu na formação do carbono orgânico total (COT) do solo em todas as coberturas vegetais. Todas as frações apresentaram reduções nos teores de C com o aumento da profundidade. A capoeira apresentou maior teor de C recalcitrante nas maiores profundidades.

Palavras-chave: Carbono, labilidade, matéria orgânica, leguminosas.

ABSTRACT

FAUSTINO, Lucas Luís; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2014. Oxidizable organic C fractions in soils under different forest leguminous plantations in the Northern Fluminense Region. Advisor: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Climate change is a result of growing demand for the expansion of agricultural and or grazing land for food production frontiers, so that increases the deforestation of forest systems, and the burning of fossil fuels, resulting in the transfer of carbon dioxide from the biosphere for the atmosphere, contributing to the occurrence of global warming. One alternative for restoring the productive potential of these soils is the use of leguminous besides fix N_2 in soil, have the ability to increase the organic matter content of soil, nutrient availability, as well as improve the physical properties. This study is a complement work already being carried out at Carrapeta Farm in Conceição de Macabu - RJ where the introduction of leguminous has improved the fertility and microbial activity of these soils, and also improved the abundance and diversity of soil fauna. In addition, these soils showed a significant stock of organic C, on average 240 mg ha^{-1} at a depth of 100 cm. According to these results, the following question has been proposed: Are there differences in the lability of organic C in these soils, with increasing depth? The objective of this study was to evaluate the quality of organic C in soils, by oxidizable organic C fractions, to a depth of 100 cm under different cover crops.

The experimental area consisted of the following cover crops: pure stands of Inga, acacia and sabiá and a 50 year old pasture and a secondary forest (capoeira). Soil samples were collected from six depth classes (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm). The oxidizable carbon fractions were determined by wet oxidation with increasing concentrations of H₂SO₄ (2.5, 5, 10 and 20 mL which correspond, respectively, at 3, 6, 9 and 12 mol L⁻¹ H₂SO₄) separated into four fractions according to the lability (F1: labile; F2: moderately labile; F3: moderately recalcitrant; F4: recalcitrant). The F1 was significantly higher at all depths and cover crops, with the highest value found for acacia (31.35 g C kg⁻¹) at a depth of 0-10 cm; In depth 10-20 cm, pasture, acacia and ingá were not different from each other and F1 was statistically high compared to other cover crops. In depth 20-40 cm, pasture and acacia have maintained higher values, but acacia was only different from ingá and sabiá. F2 showed less variation between the cover crops when compared to F1. Pasture, Acacia and Inga showed, in general, higher F3 when compared to other cover crops until 40 cm depth. In the depths 40-60 and 60-80 cm capoeira showed higher F3 than other cover crops and sabiá showed the lowest. F4 was also significantly higher at capoeira at a depth of 80-100 cm. The F1 fraction represented about 30 Mg / ha of labile C in the topsoil and was the fraction that contributed in the formation of total organic carbon (TOC) of the soil in all vegetable toppings. All fractions exhibited reductions in levels of C with increasing depth. Capoeira showed higher C content in recalcitrant greater depths.

Keywords: Carbon, labile, organic matter, legumes.

1. INTRODUÇÃO

No atual momento global, as intervenções humanas no uso dos recursos naturais, sobretudo na agricultura, refletem o comportamento de uma sociedade fragilizada e dominadora do meio ambiente e de seus recursos. As alterações climáticas são resultado da crescente demanda pela expansão das fronteiras agrícolas e/ou pastagem para a produção de alimentos, fazendo com que aumente o desmatamento de sistemas florestais, e a queima de combustíveis fósseis, resultando na transferência de dióxido de carbono (CO₂) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para a ocorrência do aquecimento global (Nobre et al., 2007; IPCC, 2007).

Uma região altamente afetada por esse comportamento é a região Norte Fluminense do Rio de Janeiro, onde a cobertura da Mata Atlântica foi reduzida a 5% da mata original, essa devastação ocorreu pela atividade agropecuária, principalmente pelo cultivo intensivo da cana-de-açúcar (com o uso das queimadas) e do café (Gama-Rodrigues et al., 2008; Ndaw et al., 2009).

Uma alternativa para a recuperação do potencial produtivo destes solos é o uso de leguminosas arbóreas que além de serem fixadoras do N₂ no solo, possuem a capacidade de aumentar o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes, assim como melhorar as propriedades físicas dos solos (Gama-Rodrigues et al., 2008; Resende et al., 2013).

As leguminosas por possuírem raízes profundas e pivotante têm a capacidade de interceptar nutrientes em profundidade, onde culturas anuais não

alcançariam esses nutrientes absorvidos pelo sistema radicular das árvores tornam-se insumos quando transferidos para a superfície do solo na forma de serapilheira e de outros resíduos vegetais (Aguiar, 2006).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante componente, que pode ser usado como um indicador da qualidade do solo, podendo ser dividida em compartimentos lábeis e estáveis (Passos et al., 2007). Estudos têm mostrado que a análise do C orgânico total do solo pode não ser um indicador sensível de mudanças na qualidade do solo e que certas frações do C seriam mais eficientes em detectar efeitos de práticas de manejo (Nicoloso et al., 2008; Mendonça e Matos 2005).

Chan et al. (2001) e Blair et al. (1995) propuseram uma modificação no método clássico de determinação do C proposto por Walkley e Black (1934), que utiliza uma única concentração de ácido sulfúrico (12 mol L^{-1}). Com esta modificação é possível fracionar o C em quatro frações (F1, F2, F3 e F4) de acordo com um gradiente de oxidação, obtido pelo uso de concentrações crescentes de ácido sulfúrico. As frações F1 e F2 são mais lábeis e ligadas com a disponibilidade de nutrientes e as frações F3 e F4 mais recalcitrantes relacionadas com compostos químicos de maior estabilidade (Chan et al., 2001).

Assim, o acúmulo de C nas frações lábeis da MOS apresenta variações abruptas, sendo influenciadas pela composição química do resíduo aportado ao solo, pela disponibilidade do substrato, por aspectos climáticos (umidade e temperatura) e principalmente pelo manejo adotado. Diferente das frações mais recalcitrantes que apresentam baixas variações devido à relação com compostos de maior estabilidade química (Chan et al., 2001; Silva & Mendonça, 2007). Portanto, o estudo das diferentes frações do carbono em profundidade detecta mais rapidamente as mínimas variações no carbono orgânico (CO) do solo resultantes de diferentes práticas ou sistemas de manejo. Podendo-se assim distinguir as leguminosas capazes de fixar C na sua forma mais lábil ou recalcitrante.

Este estudo é um complemento de trabalhos que já vêm sendo realizados na Fazenda Carrapeta, em Conceição de Macabú - RJ onde a introdução de leguminosas arbóreas, pelo aporte de resíduos vegetais, revelou-se capaz de melhorar a fertilidade e a atividade microbiológica destes solos (Costa et al., 2014; Gama-Rodrigues et al., 2008) além de favorecer a abundância e diversidade da

fauna edáfica (Manhães et al., 2013). Gomes (2014) observou estoque significativo de C nestes solos, em média de 240 Mg ha⁻¹ na profundidade de 100 cm. Diante destes resultados o seguinte questionamento foi proposto: existem diferenças nos níveis de labilidade do C das coberturas vegetais com o aumento da profundidade?

A metodologia de fracionamento do C por um gradiente crescente de oxidação mostra-se como uma metodologia promissora para detectar as alterações na qualidade do C, sendo utilizada em diversas situações de manejo de solos (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001; Maia et al., 2007; Rangel et al., 2008; Loss et al., 2010; Barreto et al., 2011; Costa et al., 2013; Guareschi et al., 2013; Guareschi e Pereira, 2013). Porém, ainda não existem trabalhos onde tenha se avaliado a influência da utilização de leguminosas arbóreas sobre a labilidade do C acumulado no solo em uma profundidade de até 100 cm.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade do C em solos, sob diferentes plantios de leguminosas florestais, por meio das frações de C oxidável, até a profundidade de 100 cm.

2.2. Objetivos específicos

1. Avaliar a influência das coberturas vegetais, na distribuição das frações de carbono oxidável em solos sob diferentes coberturas;
2. Avaliar a influência da profundidade, na distribuição das frações de carbono oxidável em solos sob diferentes coberturas vegetais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas

A diminuição da produtividade dos solos agrícolas das regiões tropicais e subtropicais é o reflexo de uma sociedade dominadora do meio ambiente e de seus recursos, esse comportamento vem causando reduções nos níveis de matéria orgânica. A crescente demanda pela expansão das fronteiras agrícolas e/ou pastagem para a produção de alimentos, fez com que aumentasse o desmatamento de sistemas florestais, e a queima de combustíveis fósseis, resultando na transferência de dióxido de carbono (CO₂) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para a ocorrência do aquecimento global (Nobre et al., 2007; IPCC, 2007).

A diminuição no teor de matéria orgânica pode levar a um aumento da densidade do solo, que dificultará a infiltração de água, podendo causar o aumento do escoamento superficial, resultando em maiores taxas de erosão (Guerra, 1990) e diminuição da fertilidade (Perin et al., 2002).

Uma alternativa para a recuperação do potencial produtivo destes solos é o uso de leguminosas arbóreas que além de serem fixadoras do N₂ no solo, possuem a capacidade de aumentar o teor de matéria orgânica do solo (MOS), a disponibilidade de nutrientes, assim como melhorar as propriedades físicas

(Gama-Rodrigues et al., 2008). A associação destas plantas com fungos micorrízicos é uma estratégia para restabelecer as primeiras funções do ambiente, pois tem a capacidade e a eficiência de retirar água e nutrientes do solo por meio da rede de hifas formadas com as raízes, até mesmo nas camadas mais profundas do solo, os quais serão disponibilizados após sua decomposição e incorporação ao solo (Resende et al., 2013; Favero et al., 2000).

Muitas vezes a regeneração natural é lenta e incerta devido à agressividade das gramíneas e das queimadas rotineiras que dificultam o estabelecimento das plantas e reduzem o vigor do banco de sementes (Costa et al., 2004). Franco et al. (1992) relatam que as leguminosas têm a capacidade de recuperar áreas degradadas assim como restabelecer a fertilidade de áreas de produção, sendo utilizadas para a aceleração da sucessão secundária progressiva, permitindo pular etapas iniciais da sucessão natural, devido ao seu crescimento rápido e à sua capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico.

O processo de senescência de folhas, galhos e estruturas reprodutivas retorna ao solo, formando a camada de serapilheira, quando esta camada entra em decomposição proporciona a ciclagem de nutrientes, restabelecendo as funções do solo, forma direta de recuperar as áreas degradadas (Costa et al., 2004), além disso, ajuda no estabelecimento da cobertura vegetal, pois realiza importantes funções ecológicas como aumentar a abundância e diversidade da fauna edáfica (Manhães et al., 2013). Gomes (2014) mostrou que as leguminosas favorecem o estoque de C no solo.

Chaer et al. (2011) afirmam que o plantio de leguminosas promoveu um aumento no estoque de C do solo na profundidade 0-30 cm de 35,5-54,8 Mg ha⁻¹ quase o mesmo estoque de C sob a mata nativa 58,3 Mg ha⁻¹ sendo que as idades das leguminosas eram de 13 anos, mostrando assim o seu efeito positivo em estocar C.

Resende et al. (2013) citam que as leguminosas arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradadas aumentam o teor de N e conseqüentemente o de C, não existe possibilidade de aumento nos estoques de C sem o incremento de N. Os mesmos autores relatam que se houver uma disputa de N entre plantas, diminui a velocidade com que o C do solo é sequestrado.

Os sistemas florestais e agroflorestais devido ao aporte intenso e contínuo de biomassa vegetal sobre o solo caracterizam-se como um sistema

acumulador de matéria orgânica e, portanto, são considerados como reservatórios de carbono. Este acúmulo de carbono é essencial para redução das taxas de emissão de CO₂ na atmosfera e para o aumento da qualidade do solo e conseqüentemente, da sustentabilidade da produção agrícola (Resende et al., 2013).

3.2 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é definida por Silva et al. (1999) como organismos vivos, resíduos de plantas e animais pouco ou bem decompostos, que variam consideravelmente em estabilidade, susceptibilidade, melhorando assim suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Com o uso intensivo e inadequado do solo vêm-se tendo perdas consideráveis de matéria orgânica, deixando-os expostos às ações do ambiente, ocasionando diversos tipos de erosões e redução da fertilidade.

A manutenção ou recuperação da quantidade de matéria orgânica no solo depende da quantidade e qualidade do material adicionado na superfície e também do manejo a ser adotado no sistema (Assis et al., 2006). Corraza et al. (1999) afirmam que dependendo do manejo utilizado, estes podem diminuir a quantidade de MOS e conseqüentemente reduzir os estoques de C, contribuindo para as emissões de CO₂ para a atmosfera, aumentando o colapso das mudanças climáticas.

Assis et al. (2006) citam que no Protocolo de Kyoto os solos foram apontados como um importante papel ambiental, o de sequestrador de C. Assim, entender a dinâmica do C no solo é importante para que este se torne acumulador de C de forma a diminuir os efeitos das mudanças climáticas.

A matéria orgânica do solo é um importante componente, que pode ser usado como um indicativo da qualidade do solo podendo ser divididas em compartimentos lábeis e estáveis (PASSOS et al. 2007).

Uma forma de avaliar a qualidade do C nos solos é pela metodologia do fracionamento químico com doses crescentes de ácido sulfúrico (H₂SO₄) onde é

possível separar o C de acordo com sua labilidade. E assim entender melhor sua dinâmica.

O método original foi criado por Walkley & Black (1934) onde é utilizada somente uma única concentração de H_2SO_4 , a de 12 mol L^{-1} , com essa concentração, o C é maximizado e se obtém a sua forma mais recalcitrante. Uma modificação foi proposta por Blair et al. (1995) e Chan et al. (2001) com o objetivo de avaliar as diferentes frações de oxidação do C. Com a modificação foi possível separar em quatro frações com graus decrescentes de oxidação, por meio da utilização de concentrações crescentes de ácido sulfúrico. Foram denominadas de F1, F2, F3 e F4, correspondendo, respectivamente, às concentrações de 6, 9 e 12 mol L^{-1} de H_2SO_4 . A separação das frações se deu da seguinte forma:

A primeira fração, (F₁) é constituída pelo C orgânico oxidável obtido da solução de 3 mol L^{-1} H_2SO_4 , correspondendo à fração lábil do C orgânico;

A segunda fração, (F₂) foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído sob solução de 6 mol L^{-1} e de 3 mol L^{-1} H_2SO_4 , correspondendo à fração moderadamente lábil;

A terceira fração, (F₃) foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído sob solução de 9 mol L^{-1} e de 6 mol L^{-1} H_2SO_4 , correspondendo à fração moderadamente recalcitrante;

A quarta fração, (F₄) foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído sob a solução de 12 mol L^{-1} H_2SO_4 e de 9 mol L^{-1} . A F₄ é o C orgânico residual, depois da reação com 12 mol L^{-1} H_2SO_4 , correspondendo à fração recalcitrante do C orgânico.

O carbono lábil é aquele representado por compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo. Teixeira et al. (2008) descreveram o C lábil como um componente biologicamente ativo da matéria orgânica do solo, sendo constituído de compostos orgânicos mais rapidamente mineralizados em reações catalisadas por enzimas de solo, de origem microbiana e, portanto, diretamente associado à liberação de CO_2 para a atmosfera.

O carbono recalcitrante é aquele relacionado à maior estabilidade química e massa molar, obtidos através da decomposição e humificação da MOS (Chan et al., 2001).

Guareschi e Pereira (2013) trabalhando com o sistema de aléias de *Flemingia macrophylla* relataram o maior teor de carbono na fração lábil,

atribuindo esse fato ao maior aporte de resíduo vegetal na parcela provindo da poda das aléias.

A substituição da pastagem pelo eucalipto causa a redução de 8,9 % nos estoques de COT, 6,7% no C não lábil e 32,5% no estoque de C lábil, esse comportamento ressalta a maior sensibilidade do C lábil em indicar declínio na MOS por meio do cultivo, quando comparado ao C não lábil e COT (Silva et al., 2008). A retirada da floresta nativa para a implantação da pastagem proporcionou diminuição nos teores nas frações mais facilmente decomponíveis, demonstrando a maior fragilidade desses ecossistemas quanto à manutenção dos níveis de carbono e seus benefícios (Bernini et al., 2009).

Conceição et al. (2011) avaliando a influência de diferentes sistemas de manejo do solo na cultura da mangueira sobre as frações oxidáveis da matéria orgânica, verificaram que as áreas com remanescentes de vegetação nativa (Caatinga Hiperxerófila) apresentaram maior teor de matéria orgânica das frações mais lábeis na profundidade de 0-10 cm. No entanto, na área com manejo convencional do cultivo de mangueira existe maior proporção de frações (F1 + F2) indicando um rápido “turn over” da matéria orgânica adicionada na forma de resíduos do manejo da cultura.

Desta forma, o fracionamento químico do C por meio de um gradiente de oxidação torna-se uma importante ferramenta para avaliação da qualidade do C no solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em áreas experimentais pertencentes à fazenda Carrapeta, em Conceição de Macabú, RJ (21 ° 37 ' S e 42 ° 05 ' W). O clima da região pela classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.400 mm, com período chuvoso entre outubro e março e seco entre junho e setembro. O solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-franco-arenosa, em todas as coberturas vegetais. O relevo é ondulado, com declividade em torno de 35 cm m⁻¹ (Gama-Rodrigues et al., 2008).

A área experimental constituiu-se de cinco coberturas vegetais em parcelas de 1.500 m² (75 x 20 m). As coberturas vegetais foram constituídas de plantios puros das espécies arbóreas de leguminosas *Acacia auriculiformis* (acácia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) e Ingá spp (Ingá). O espaçamento utilizado foi de 3 x 2 m, em covas de 20 x 20 x 20 cm, que receberam 150 g de superfosfato simples, 10 g de cloreto de potássio e 10 g de FTE- BR12. As outras coberturas vegetais, utilizadas como referência e adjacentes aos plantios de leguminosas foram: uma pastagem degradada, que representa a vegetação anterior ao plantio das espécies arbóreas, com predomínio de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), grama-pernambuco (*Paspalum maritimum*) e sapê (*Imperata brasiliensis*) e um fragmento florestal de Mata Atlântica (capoeira) em sucessão secundária, com

espécies em diferentes estádios sucessionais, ambas aproximadamente com 50 anos de idade (Manhães et al., 2013; Gama-Rodrigues et al., 2008).

Na parte central de cada plantação florestal foram delimitadas três parcelas (30 x 30 m), uniformes (em termos de homogeneidade do solo, declividade, histórico do uso da terra, densidade das árvores), separadas entre si por pelo menos 100 m de distância. Em cada parcela, trincheiras (1 x 1 x 1,5 m) foram abertas entre as linhas das árvores. O solo foi coletado em seis profundidades: 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. As amostras de solo foram destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha e homogeneizadas, retirando-se as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais. A análise granulométrica encontra-se no trabalho de Gomes (2014).

O método usado para o fracionamento do C foi adaptado de Chan et al. (2001). As amostras de solos foram pesadas de acordo com Tedesco et al. (1985), ou seja, massa de solo variando de acordo com a % de MOS. Neste caso pesaram-se amostras de 1,0 g (amostras com 2 a 4 % de MOS) e 2,0 g de solos (amostras com menos de 2 % de MOS). Em tubos de digestão foram adicionados o solo previamente macerado (< 0,5mm), 10 ml da solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L^{-1} e as quantidades crescentes de H_2SO_4 concentrado (2,5, 5, 10 e 20 ml), resultando assim em uma concentração aquosa ácida de 0,25:1, 0,5:1, 1:1 e 2:1 (que correspondem, respectivamente, a 3, 6, 9 e 12 mol L^{-1} de H_2SO_4). Os tubos foram agitados manualmente para uma melhor homogeneização e colocados no bloco digestor a 135°C por 30 minutos. Após esse tempo os tubos foram deixados para resfriar em temperatura ambiente e, em seguida, completou-se o volume para 70 ml com o $BaCl_2$. Esta mistura foi mantida em repouso por uma noite (aproximadamente 12 horas). Logo após procedeu-se a leitura do sobrenadante em espectrofotômetro no comprimento de onda 600 nm, acertou-se o zero do aparelho com a prova do branco (Anderson e Ingram 1996). As frações de C oxidável obtidas foram:

F_1 - constituída pelo C orgânico oxidável obtido da solução de 3 mol L^{-1} H_2SO_4 , e corresponde à fração lábil do C orgânico;

F_2 - obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído das soluções de 6 mol L^{-1} e 3 mol L^{-1} H_2SO_4 , que corresponde à fração moderadamente lábil;

F₃ - obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído das soluções de 9 mol L⁻¹ e 6 mol L⁻¹ H₂SO₄, que corresponde à fração moderadamente recalcitrante;

F₄ - foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído das soluções de 12 mol L⁻¹ H₂SO₄ e 9 mol L⁻¹, que corresponde à fração recalcitrante do C orgânico.

Os dados das frações foram corrigidos pelo teor de argila, usando a capoeira como referência. Assumiu-se a hipótese que para cada profundidade e sistema existe diferença na textura. Para os cálculos da correção foi usada a seguinte fórmula proposta por Moraes et al. (1996) onde o, C (corrigido) = C (medido das frações) x teor de argila (referência)/teor de argila (tratamento).

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Lilliefors para a avaliação da distribuição normal e ao teste de Kolmogorov-Smirnov para a avaliação da homogeneidade das variâncias. Em cada plantação florestal cada parcela foi tratada como pseudo-repetição como em outros trabalhos em sistema agroflorestais de cacau e sistemas florestais (Dechert et al. 2005; Lima et al., 2006; Isaac et al. 2007; Dawoe et al. 2010; Gama-Rodrigues et al., 2010; Rita et al., 2013; Fontes et al., 2014). Como cada parcela estava distante entre si por pelo menos 100 m, considerou-se que aleatoriedade e independência foram asseguradas, validando a análise de variância (ANOVA) com delineamento experimental em blocos casualizados e repetições inseridas nas plantações florestais (Lima et al., 2006). Foram realizadas análise de regressão linear e múltipla para verificar a relação das frações (F₁, F₂, F₃ e F₄) e do COT das áreas com a profundidade (P≤0,01). (SAEG 9.1/Funarbe, 2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A F_1 foi significativamente superior em todas as coberturas vegetais e profundidades, sendo o maior valor encontrado para a acácia $31,35 \text{ C g Kg}^{-1}$ na profundidade de 0-10 cm, diferindo das demais coberturas (Figura 1). Na profundidade de 10-20 cm o pasto, acácia e ingá não diferiram entre si e foram estatisticamente superiores às demais coberturas. E, entre 20-40 cm, o pasto e a acácia mantiveram valores superiores, porém este último somente diferiu do ingá e sabiá (Figura 1). Observa-se um perfil de curva de redução do C com a profundidade nesta fração e, a partir dos 40 cm já não existe uma tendência definida de diferenças significativas entre as coberturas vegetais (Figura 1).

A F_1 representou em torno de 30 Mg/ha de C lábil no solo superficial e foi a fração que mais contribuiu na formação do carbono orgânico total (COT) do solo, sendo responsável, em média, por 65% do C destes solos até os 40 cm (Tabela 1). A partir desta profundidade percebe-se uma redução na contribuição média desta fração na formação do COT. O percentual de contribuição de F_1 na formação do COT deste estudo está acima daquele encontrado por Chan et al. (2001) (média de 38%), Loss et al. (2009) (média de 26%) e Costa et al. (2012) (29%), o que indica que plantações florestais com aporte contínuo de material vegetal e não revolvimento do solo estariam promovendo uma maior contribuição de carbono lábil na formação do COT. A soma das frações F_1+F_2 teve contribuição média de 79% (Tabela 1). Chan et al. (2001); Loss et al. (2009) e Costa et al. (2012) trabalharam com áreas com menor tempo de implantação das

parcelas experimentais (4, 5 e 4 anos respectivamente) do que o deste estudo, sugerindo que em plantações mais jovens há uma distribuição mais uniforme das frações oxidáveis na formação do COT.

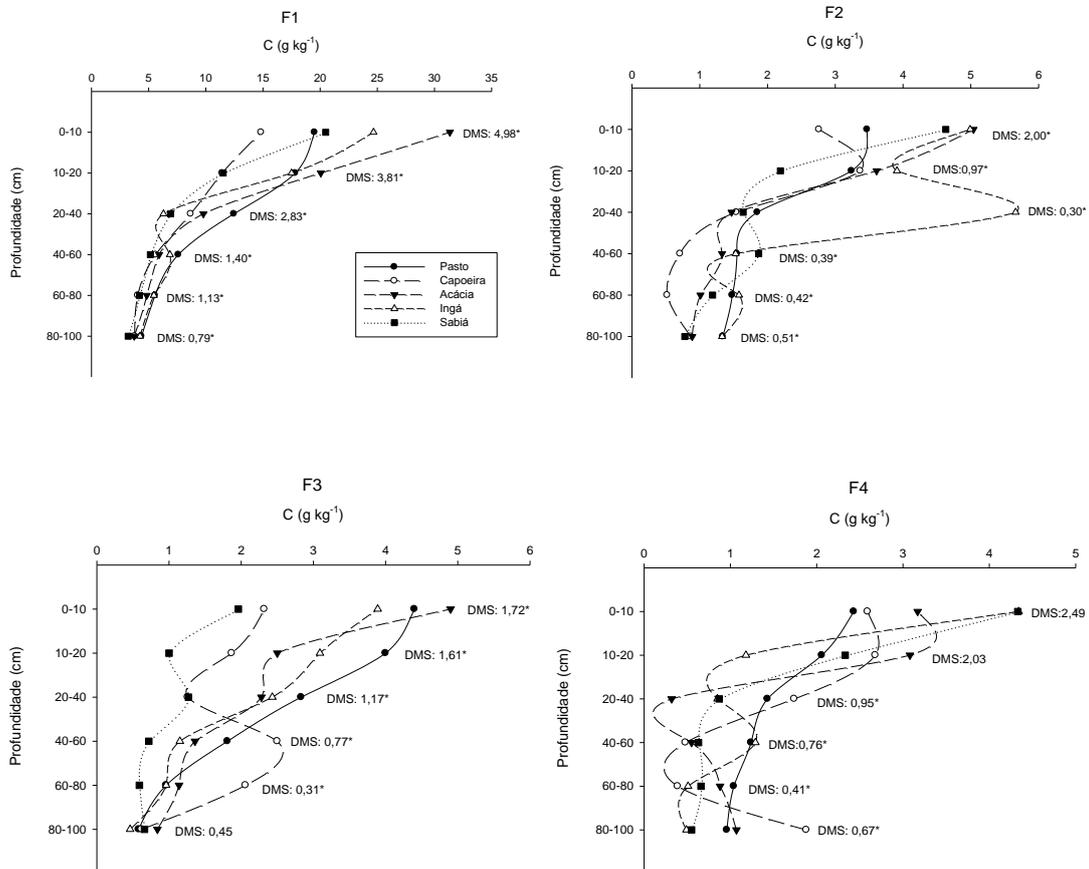


Figura 1. Teores de carbono nas frações (F1, F2, F3 e F4) F1= Lábil; F2= Moderadamente lábil; F3= Moderadamente recalcitrante; F4= Recalcitrante. DMS seguidos de * significa que houve diferença estatística entre as médias pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade em função de diferentes coberturas vegetais no Norte Fluminense.

As plantações florestais caracterizam-se pelo aporte significativo de material vegetal sobre o solo (Gama-Rodrigues et al. 2008). Costa et al. (2014) nestas mesmas coberturas, observaram que a acácia apresentou maior biomassa total e de folhas na serapilheira acumulada. F₁ por definição representa o C lábil e, por esta razão, está relacionada ao material orgânico recém-depositado ao solo (Christensen 2000, Chan et al. 2001) e, também, à fração leve livre da matéria orgânica do solo (Maia et al. 2007), o que pode explicar o maior teor desta fração em todas as coberturas vegetais e, principalmente, na parcela da acácia.

Resultados de pesquisas utilizando esta mesma metodologia de determinação de C por um gradiente de oxidação, evidenciam que culturas

agrícolas e, ou, sistemas de manejo que favorecem adições frequentes de material orgânico ao solo, tendem a apresentar maior proporção de carbono na fração lábil, em relação às frações mais resistentes à oxidação (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001; Rangel et al., 2008; Loss et al., 2010). Loss et al. (2009) estudando as frações oxidáveis do carbono orgânico, relataram que o cultivo em aleias de acácia + guandu favoreceu a deposição de resíduos vegetais de degradação mais lenta e assim, maiores valores de F_1 .

O C da F_2 apresentou menor variação entre as coberturas quando comparado a F_1 e sem uma tendência definida (Figura 1). Em geral, esta fração contribuiu com cerca de 15% na formação do COT até os 100 cm de profundidade. Também nesta fração os valores de C foram decrescendo com o aumento da profundidade, porém sem um perfil definido como em F_1 (Figura 1). Loss et al. (2013) estudando a rotação de braquiária/pastagem e milho/não pastagem, também observaram acentuada redução de F_2 com o aumento da profundidade.

O pasto, a acácia e o ingá apresentaram, em geral, valores de C em F_3 superiores às demais coberturas na profundidade até os 40 cm (Figura 1). Nas profundidades 40-60 e 60-80 cm a capoeira apresentou valor significativamente superior aos das demais coberturas e o sabiá menor valor. O C da F_3 , a partir dos 20 cm tendeu a diminuir com o aumento da profundidade, assim como em F_2 , mas também sem um perfil definido de redução (Figura 1). F_3 contribuiu, em média, com 13% na formação do COT até 100 cm de profundidade. F_4 não diferiu entre as coberturas vegetais nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Mais uma vez, nas demais profundidades, houve variação entre as coberturas vegetais, mas sem uma tendência definida. F_4 também diminuiu a partir dos 20 cm e, na profundidade de 80-100 cm a capoeira apresenta valor de C significativamente superior aos das demais coberturas (Figura 1). Esta fração contribuiu entre 10 a 14% no COT até os 100 cm de profundidade.

A tendência de a capoeira apresentar um maior teor de C em F_3 e F_4 nas maiores profundidades, pode estar ligado ao fato desta cobertura ser mais antiga, o que possibilitou que a decomposição e mineralização da matéria orgânica produzissem compostos orgânicos de maior estabilidade química. Outro fator que pode corroborar com este resultado é o fato de que nas maiores profundidades ocorre a redução da densidade de raízes finas e o aumento de raízes mais

suberizadas e sem incremento de biomassa, aumentando o nível de recalcitrância do C. Além disso, Costa et al. (2014) observaram que as folhas, com maiores teores de lignina e celulose, foram o componente, das árvores que compõem a capoeira, que mais colaborou para a formação da serapilheira acumulada favorecendo, portanto, a formação de C mais recalcitrante. Comportamento semelhante foi observado por Rangel et al. (2008), que encontraram maiores proporções da F_3 em solos sob floresta. Como também, Gomes (2014) avaliando o estoque de C até 100 cm de profundidade nos solos sob as mesmas coberturas vegetais do presente trabalho, encontrou que o solo sob capoeira apresentou maior relação C/N na profundidade de 80-100 cm.

Os resultados obtidos sugerem que as leguminosas estão alterando a qualidade do C em superfície, porém, em profundidade prevalece a influência das coberturas mais antigas, esta ideia é corroborada pelo fato de que com o passar dos anos vai havendo um aumento da recalcitrância do resíduo vegetal. Barreto et al. (2008) observaram que em plantações jovens de eucalipto a serapilheira acumulada apresentou baixos teores de celulose, lignina e polifenóis, ao contrário, nas plantações de idades mais avançadas os autores observaram maior nível de recalcitrância e maior resistência a decomposição da serapilheira.

Tabela 1. Contribuição das frações (F1, F2, F3 e F4) e a soma das frações (F1+F2) e (F3+F4) na formação do carbono orgânico total (COT), em função de diferentes coberturas vegetais no Norte Fluminense.

Contribuição das frações no COT (%)							
Sistemas	F1	F2	F3	F4	F1+F2	F3+F4	COT
0-10							
Pasto	65,45	11,63	14,76	8,16	77,08	22,92	29,81
Capoeira	65,93	12,23	10,37	11,47	78,17	21,83	22,51
Acácia	70,49	11,42	10,96	7,13	81,91	18,09	44,46
Ingá	65,05	13,21	10,20	11,54	78,26	21,74	37,88
Sabiá	65,25	14,72	6,24	13,79	79,97	20,03	31,42
10-20							
Pasto	65,69	11,95	14,74	7,63	70,77	20,33	27,13
Capoeira	59,47	17,72	9,51	13,30	65,70	19,81	19,35
Acácia	68,54	12,30	8,49	10,67	53,12	12,54	29,24
Ingá	68,15	15,27	12,02	4,57	56,59	11,25	25,68
Sabiá	67,72	12,87	5,79	13,62	43,66	10,62	17,03
20-40							
Pasto	67,04	10,01	15,13	7,81	48,10	14,30	18,56
Capoeira	65,66	11,70	9,34	13,31	45,24	13,26	13,22
Acácia	70,62	10,63	16,41	2,33	25,34	5,84	13,86

Ingá	41,31	37,21	15,98	5,50	31,63	8,65	15,25
Sabiá	64,69	15,27	11,89	8,16	27,31	6,80	10,71
40-60							
Pasto	62,34	12,71	14,77	10,18	30,75	10,23	12,20
Capoeira	60,21	7,74	26,88	5,17	27,99	13,23	9,30
Acácia	64,71	14,59	14,78	5,92	16,33	4,28	9,16
Ingá	63,33	14,07	10,68	11,92	22,23	6,52	10,84
Sabiá	61,47	22,45	8,51	7,57	22,37	4,29	8,37
60-80							
Pasto	61,52	16,41	10,60	11,47	23,64	6,72	9,04
Capoeira	57,67	7,52	29,42	5,39	20,36	10,90	7,03
Acácia	61,43	12,91	14,48	11,19	13,16	4,56	7,87
Ingá	64,15	18,47	11,35	6,02	18,74	3,88	8,51
Sabiá	63,08	18,26	8,59	10,08	17,13	3,99	6,64
80-100							
Pasto	60,38	18,43	7,99	13,20	19,20	5,14	7,25
Capoeira	52,76	12,12	8,68	26,43	20,82	11,22	7,16
Acácia	57,19	13,61	12,83	16,36	10,43	4,30	6,54
Ingá	65,42	20,49	6,89	7,20	14,78	2,47	6,54
Sabiá	61,66	14,96	13,02	10,37	12,68	3,87	5,20

As análises de regressão demonstram que a queda do C em todas as coberturas vegetais apresenta um efeito quadrático com capacidade preditiva superior a 97% (Figura 2, 3). A acácia, seguida das demais leguminosas, foi a cobertura vegetal que apresentou maior taxa de diminuição do C, o que evidencia, mais uma vez, a importância do aporte contínuo de matéria orgânica em acumular C, principalmente em superfície.

Corazza et al. (1999) encontraram tendência linear das reduções dos conteúdos de C com a profundidade onde as maiores reduções foram para as áreas de pastagem de *Brachiaria decumbens*, vegetação típica de cerrado e plantio direto indicando maior acúmulo de C em superfície e diminuindo com a profundidade justificado pela não perturbação do solo e maior deposição de resíduo vegetal sobre a superfície. Os autores ainda confirmam que sistemas não perturbados tendem a ser depósitos de C, e nos sistemas perturbados atuam como fonte de C-CO₂ para a atmosfera.

Ferreira et al. (2007) também observaram efeito linear do carbono orgânico com a profundidade com maior taxa de diminuição para os tratamentos onde

houve maior deposição de matéria orgânica, sem as práticas convencionais de manejo do solo.

As análises de regressão para cada uma das frações demonstram comportamento similar ao COT, ou seja, o C em todos os seus níveis de labilidade é reduzido com o aumento da profundidade, principalmente F₁ (Figura 2). Curiosamente F₄ apresenta a segunda maior taxa de diminuição com a profundidade, porém, observa-se ligeira tendência de aumento desta fração com a profundidade.

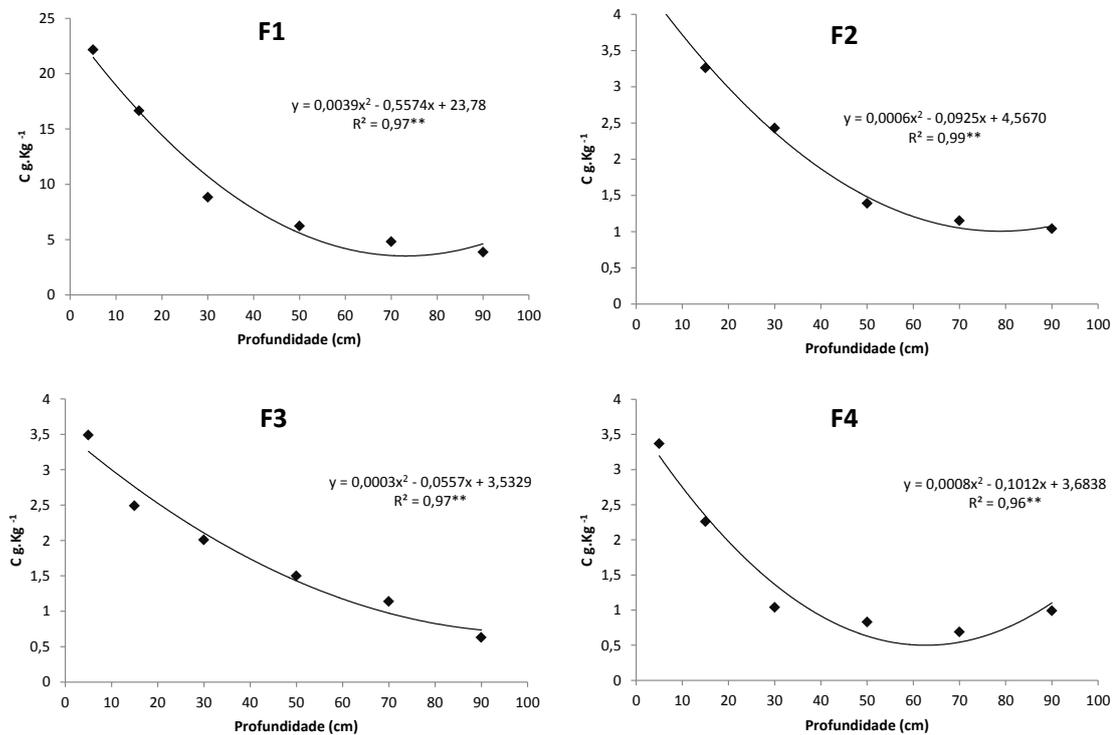


Figura 2. Regressões entre os teores de carbono das frações (F1, F2, F3 e F4) F1= Lábil; F2= Moderadamente lábil; F3= Moderadamente recalcitrante; F4= Recalcitrante e a profundidade.

Tabela 2. Teor de carbono por fração (C g.Kg⁻¹) avaliado em diferentes profundidades no perfil do solo de áreas com pasto, capoeira, acácia, ingá e sabiá, Norte Fluminense.

Frações ¹	Profundidades (cm)						Equação	Teste t		R ²
	5	15	30	50	70	90		B ₁	B ₂	
F1	22,17 (±5,95)	15,66 (±3,85)	8,83 (±2,44)	6,23 (±1,01)	4,82 (±0,73)	3,87 (±0,49)	Y=0,0038x ² -0,5574x+23,78	-11,79*	7,86*	0,97**
F2	4,17 (±1,13)	3,26 (±0,67)	2,43 (±1,69)	1,39 (±0,41)	1,15 (±0,40)	1,04 (±0,29)	Y=0,00057x ² -0,0925x+4,5670	-6,88*	4,22*	0,99**
F3	3,49 (±1,31)	2,49 (±1,17)	2,01 (±0,75)	1,50 (±0,67)	1,14 (±0,53)	0,63 (±0,19)	Y=0,00027x ² -0,0555x+3,5329	-4,42*	2,10*	0,97**
F4	3,37 (±1,15)	2,26 (±0,92)	1,04 (±0,59)	0,83 (±0,43)	0,69 (±0,27)	0,99 (±0,55)	Y= 0,00080x ² -0,1012x+3,6838	-1,88*	2,39*	0,96**

Legenda: (¹) frações de carbono: F1= Lável; F2= Moderadamente lábil; F3= Moderadamente recalcitrante; F4= Recalcitrante. (*) Efeito significativo segundo o Teste t (P≤ 0,05) para a contribuição dos termos de B₁ e B₂ ao modelo de regressão; (**) Efeito significativo segundo o Teste F (P≤ 0,01) para o coeficiente de regressão (R²); dados de média (± desvio padrão, n=15).

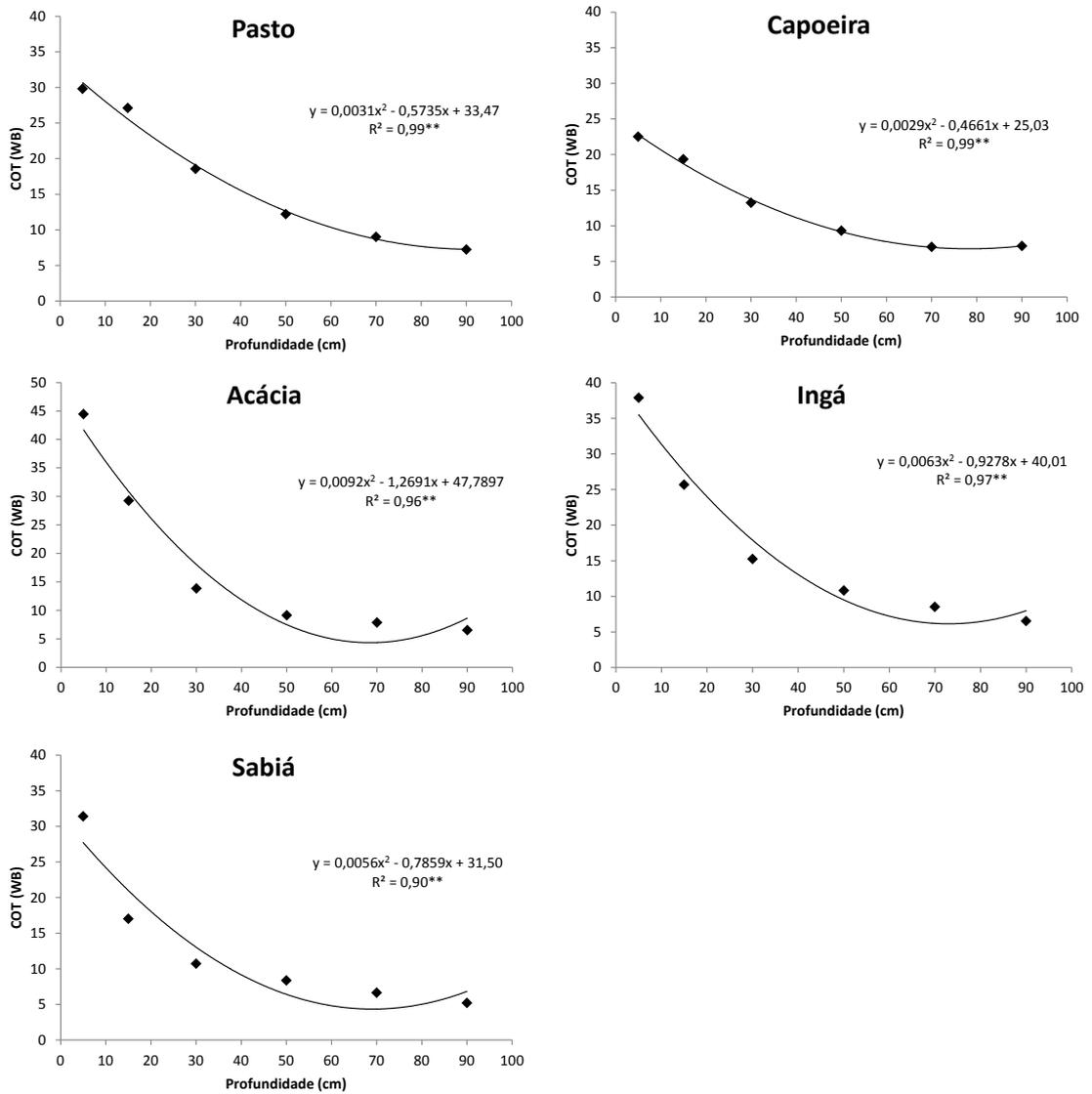


Figura 3. Regressões entre os teores de carbono orgânico total (COT método Walkley & Black) das áreas em profundidade

Tabela 3. Carbono orgânico total¹ (C g.kg⁻¹) avaliado em diferentes profundidades no perfil do solo em áreas com coberturas vegetais distintas, Norte Fluminense.

Áreas	Profundidades (cm)						Equação	Teste t		R ²
	5	15	30	50	70	90		B ₁	B ₂	
Pasto	29,81 (±0,90)	27,12 (±0,77)	18,56 (±2,35)	12,20 (±0,69)	9,03 (±0,94)	7,24 (±0,42)	Y=0,0031x ² -0,5735x+33,47	-12,85*	6,82*	0,99**
Capoeira	22,51 (±1,86)	19,34 (±3,27)	13,22 (±2,02)	9,30 (±1,30)	7,02 (±0,50)	7,15 (±0,47)	Y=0,0029x ² -0,4661x+25,03	-8,43*	5,21*	0,99**
Acácia	44,45 (±1,91)	29,24 (±3,13)	13,85 (±0,52)	9,15 (±0,51)	7,86 (±0,30)	6,53 (±0,49)	Y=0,0092x ² -1,2691x+47,7897	-11,58*	8,19*	0,96**
Ingá	37,87 (±3,19)	25,67 (±1,87)	15,24 (±1,13)	10,83 (±0,18)	8,51 (±0,29)	6,53 (±0,71)	Y=0,0063x ² -0,9278x+40,01	-10,71*	7,11*	0,97**
Sabiá	31,41 (±0,87)	17,02 (±1,17)	10,71 (±0,19)	8,37 (±0,55)	6,63 (±0,76)	5,20 (±0,42)	Y=0,0056x ² -0,7860x+31,50	-7,75*	5,43*	0,90**

Legenda: (1) Método de análise de Walkley & Black (1934). (*) Efeito significativo segundo o teste T (P≤ 0,05) para a contribuição dos termos de B₁ e B₂ ao modelo de regressão, segundo o Teste t; (**) Efeito significativo segundo o Teste F (P≤ 0,01) para o coeficiente de regressão (R²); dados de média (± desvio padrão, n=15).

6. CONCLUSÕES

A fração F1 representou em torno de 30 Mg/ha de C lábil no solo superficial e foi a fração que mais contribuiu na formação do carbono orgânico total (COT) do solo em todas as coberturas vegetais.

Todas as frações apresentaram reduções nos teores de C com o aumento da profundidade.

A capoeira apresentou maior teor de C recalcitrante nas maiores profundidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. (1996) Tropical soil biology and fertility: A handbook of 22 methods. Wallingford, CAB International, UK. XXp.
- ASSIS, C. P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. (2006) Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, out.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; FONTES, A. G.; POLIDORO, J. C.; MOÇO, M. K. S.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. (2011) Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. *Agroforest System* 81:213–220
- BERNINI, T. A.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; COUTINHO, F. S.; ZATORRE, N. P.; SALVADOR, P. G. (2009) Frações Granulométricas e Oxidáveis da Matéria Orgânica do Solo em Sucessão Floresta - Pastagem no Acre. *Revista Brasileira de Agroecologia/nov.* Vol. 4 No. 2

- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. (1995) Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust J Soil Res* 46:1459–1466
- CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, S. M. F.; BODDEY, R. M. (2011) Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology* 31, 139–149
- CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. (2001) Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, 166:61-67
- CONCEIÇÃO, G. C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. R.; BORGES, E. M.; BASTOS, D. C.; GIONGO, V.; MENDES, A. S.; GAVA, C. A. T. (2011) Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na cultura da mangueira sobre as frações oxidáveis da matéria orgânica. XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Uberlândia/Minas Gerais.
- CORRAZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. (1999) Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 23:425-432.
- COSTA, A. R.; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUZA, G. P.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. (2013) Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 37:55-65
- COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. (2004) Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com Leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28. p.919-927.

- COSTA, M.G.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; ZAIA, F.C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. (2014) Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. *Scientia Forestalis*, volume 42, n. 101 p.101-112
- DAWOE, E.K.; ISAAC, M.E.; EUASHIE-SAM, J. (2010) Litterfall and litter nutrient dynamics under cocoa ecosystems in lowland humid Ghana. *Plant Soil* 330:55–64
- DECHERT, G.; VELDKAMP, E.; BRUMME, R. (2005) Are partial nutrient balances suitable to evaluate nutrient sustainability of land use systems? Results from a case study in Central Sulawesi, Indonesia. *Nutr Cycl Agroecosyst* 72:201–212
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, I. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C.L. (2000) Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 24:171-177
- FONTES, A.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; SALES, M. V. S.; COSTA, M. G.; MACHADO, R. C.R. (2014) Nutrient stocks in litterfall and litter in cocoa agroforests in Brazil. *Plant Soil* 10.1007/s11104-014-2175-9
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; MONTEIRO, E. M. da S.; FARIA, S. M. (1992) *Revegetação de solos degradados*. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS.
- FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES – FUNARBE.(2007). SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1. Viçosa, MG
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. F. (2008) Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 32:1521-1530

- GOMES, D. S. (2014) Estoque de carbono e nitrogênio em classes de agregados e em solos sob diferentes sistemas florestais no Norte Fluminense. Monografia (Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 51p
- GUARESCHI, R. F. & PEREIRA, M. G. (2013) Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. Pesquisa Florestal Brasileira. v. 33, n. 74, p. 108-113
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. (2013) Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. v. 44, n. 2, p. 242-250
- GUERRA, A. J.T.; (1990) O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solos. Anuário do Instituto de Geociências, Vol. 13, pp. 43 - 52
- IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York-USA, 996p
- ISAAC, M. E.; ULZEN-APPIAH, F.; TIMMER, V. R.; QUASHIE, S. J. (2007) Early growth and nutritional response to resource competition in cocoa-shade intercropped systems. Plant Soil 298:243-254
- LOSS, A. PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. C. (2013) Oxidizable carbon and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no livestock in the Brazilian Cerrado. Spanish Journal of Agricultural Research. 11(1), 217-231

- LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. (2010) Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Comunicata Scientiae* 1(1): 57-64
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; JÚNIOR, A. S. L. F. (2009) Frações oxidáveis do carbono orgânico em argissolo vermelho-amarelo sob sistema de aléias. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:867-874.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. (2011) Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. *IDESIA (Chile)* Mayo-Agosto.
- MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; SENNA, O.T.; MENDONÇA, E.S.; ARAUJO, J.A. (2007) Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. *Agroforestry Systems*, New York, v.71, p.127–138.
- MANHÃES, C. M. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. (2013) Meso-and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. *Agroforest System*, 10.1007/s10457-013-9614-0
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. (2005) *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 107p.
- MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. (1996) Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, 70: 63-81
- NDAW, S. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; SALES, K. R. N.; ROSADO, A. S. (2009) Relationships between bacterial diversity,

microbial biomass, and litter quality in soils under different plant covers in northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Can. J. Microbiol.* 55: 1089–1095

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. (2008) Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 32:2425-2433

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E. S.; CANTARUTTI, R. B.; SOUZA, A. P. (2007) Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 31:1119-1129

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. (2002) Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 26:713-720

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

RESENDE, A. S.; CHAER, G. M.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, A. P.; LIMA, K. D. R.; CURCIO, G. R. (2013.) Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. *Tópicos em Ciências do Solo*, v. 8, p. 71-92

RITA, J. C. O.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; ZAIA, F. C.; NUNES, D. A. D. Mineralization of organic phosphorus in soil size fractions under different vegetation covers in the north of Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 37:1207-1215, 2013

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; JUNIOR, J. S. A. (1999) Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. *Revista Universidade de Alfenas*, Alfenas, 5:21-26.

- SILVA, E. F. (2008) Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solos de tabuleiros costeiros da Bahia. Tese (doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (2007) Fertilidade do Solo. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 275- 357p
- STATSOFT, INC.. STATISTICA (2007.) (data analysis software system), version 8.0.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. (1985) Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- TEIXEIRA, J. A. M.; SILVIA, U. C.; VIANA, J. H. M.; MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, A. C.; MARRIEL, I. E. (2008) Estoque de carbono orgânico lábil e atividade da uréase em solo de cerrado influenciados pela época de amostragem e sistema de manejo e uso do solo. IX Simpósio Nacional Cerrado. Parla Mundi, Brasília, DF
- WALKLEY, A. & BLACK, I. A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science., 37:29–38.